



TUGAS AKHIR - SB141510

RESPON BEBERAPA VARIETAS TANAMAN MENTIMUN (*Cucumis sativus* L.) TERHADAP CEKAMAN LOGAM BERAT Cu (TEMBAGA)

NILNA RIZQIYAH MUBAROKAH
1511100034

Dosen Pembimbing
Dr. Nurul Jadid, S.Si, M.Sc.

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015



TUGAS AKHIR - SB141510

**RESPON BEBERAPA VARIETAS TANAMAN
MENTIMUN (*Cucumis sativus* L.) TERHADAP
CEKAMAN LOGAM BERAT Cu (TEMBAGA)**

**NILNA RIZQIYAH MUBAROKAH
1511100034**

**Dosen Pembimbing
Dr. Nurul Jadid, S.Si., M.Sc.**

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015**



FINAL PROJECT - SB141510

RESPONSES OF *Cucumis sativus* L. VARIETIES TO COPPER (Cu) STRESS

NILNA RIZQIYAH MUBAROKAH
1511100034

Dosen Pembimbing
Dr. Nurul Jadid, S.Si, M.Sc.

DEPARTMENT OF BIOLOGY
FACULTY OF MATHEMATIC AND SCIENCE
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2015



FINAL PROJECT - SB141510

RESPONSES OF *Cucumis sativus* L. VARIETIES TO COPPER (Cu) STRESS

NILNA RIZQIYAH MUBAROKAH
1511 100 034

Dosen Pembimbing
Dr. Nurul Jadid, S.Si., M.Sc.

DEPARTMENT OF BIOLOGY
FACULTY OF MATHEMATIC AND SCIENCE
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2015

LEMBAR PENGESAHAN

RESPON BEBERAPA VARIETAS TANAMAN MENTIMUN (*Cucumis sativus* L.) TERHADAP CEKAMAN LOGAM BERAT Cu (TEMBAGA)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Jurusan S1 Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

NILNA RIZQIYAH MUBAROKAH.
NRP. 1511 100 034

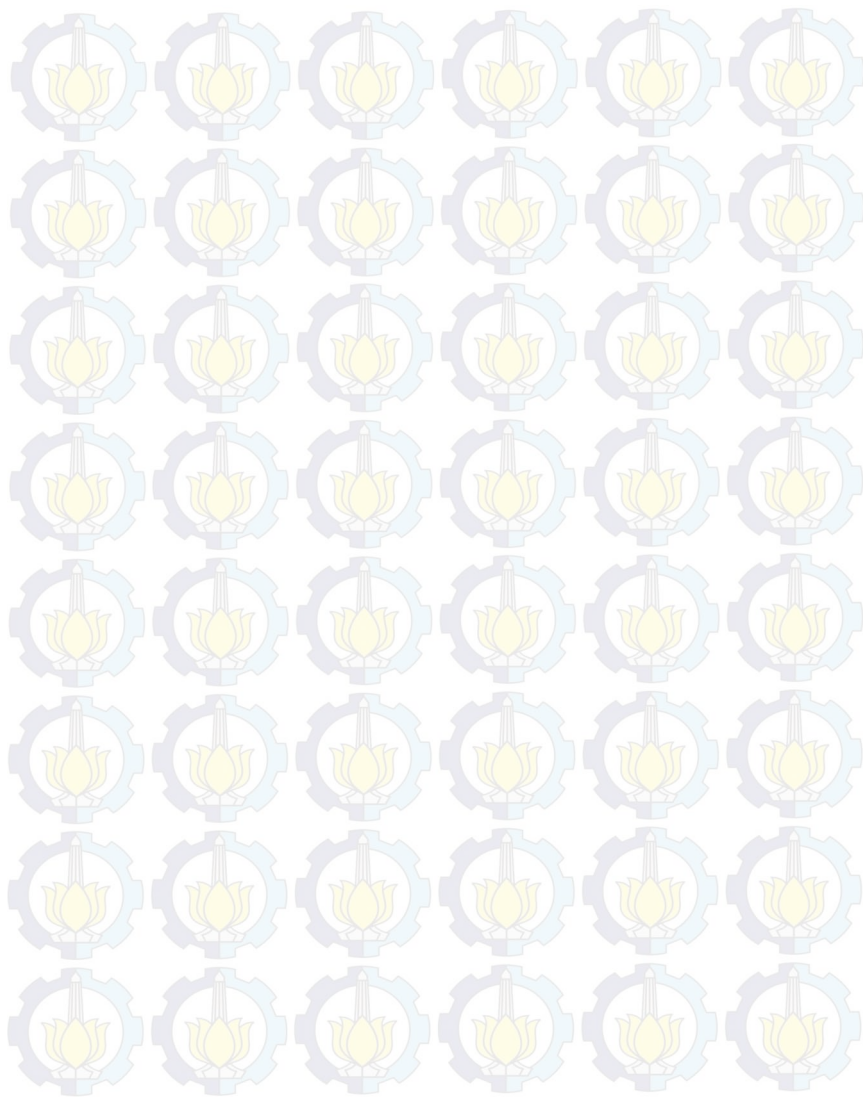
Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dr. Nurul Jadid., S.Si., M.Sc.  (Pembimbing)

Surabaya, 06 Juli 2015

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi


Dr. rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si
NIP. 19690907 199803 2 001



**RESPON BEBERAPA VARIETAS TANAMAN MENTIMUN
(*Cucumis sativus* L.) TERHADAP CEKAMAN LOGAM
BERAT Cu (TEMBAGA)**

Nama Mahasiswa : Nilna Rizqiyah Mubaroakah
NRP : 1511 100 034
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Dr. Nurul Jadid, S.Si., M.Sc.

Abstrak

Penggunaan pupuk kimia dan pestisida yang berlebihan merupakan salah satu penyebab polusi logam berat, diantaranya tembaga (Cu) pada kegiatan pertanian. Kadar Cu berlebihan dapat menyebabkan toksisitas pada beberapa tanaman pangan, salah satunya Cucumis sativus. Oleh karena itu penelitian mengenai bentuk respon tanaman terhadap cekaman Cu sangat penting dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon morfologis dan fisiologis tiga varietas C. sativus yang berbeda (NATANZ F1 var. CU 531, SEMI F1 var. CU 699 dan CITRA BABY F1) terhadap cekaman Cu dengan konsentrasi sebesar 0, 30, 70 dan 120 ppm.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktorial dengan 2 faktor (varietas dan konsentrasi). Adapun parameter yang diamati meliputi panjang akar, tinggi tanaman, kandungan malondialdehid, kandungan klorofil dan kandungan Cu pada akar. Hasil pengamatan dianalisis secara statistik menggunakan ANOVA-two way ($\alpha = 5\%$) dan apabila terdapat pengaruh maka dilanjutkan dengan uji Tukey.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis varietas dan konsentrasi berpengaruh signifikan terhadap penurunan panjang akar, tinggi tanaman dan kandungan klorofil. Varietas Citra merupakan varietas yang lebih sensitif terhadap Cu dibandingkan varietas Semi dan Citra. Hal ini didasarkan pada persentase penurunan panjang akar. Pada konsentrasi 120 ppm penurunan panjang akarnya mencapai 50,36%, sedangkan

penurunan tinggi tanaman dan kandungan klorofil tertinggi terdapat pada varietas Semi yaitu mencapai 42,78% dan kandungan klorofil hingga 65,79%. Kandungan MDA dan kandungan Cu pada akar tidak berpengaruh signifikan terhadap perbedaan varietas dan konsentrasi Cu.

Kata kunci: C. sativus, logam berat Cu, malondialdehid, klorofil.

RESPONSES OF *Cucumis sativus* L. VARIETIES TO COPPER (Cu) STRESS

Student Name : Nilna Rizqiyah Mubaroakah
NRP : 1511 100 034
Departement : Biology
Supervisor : Dr. Nurul Jadid, S.Si., M.Sc.

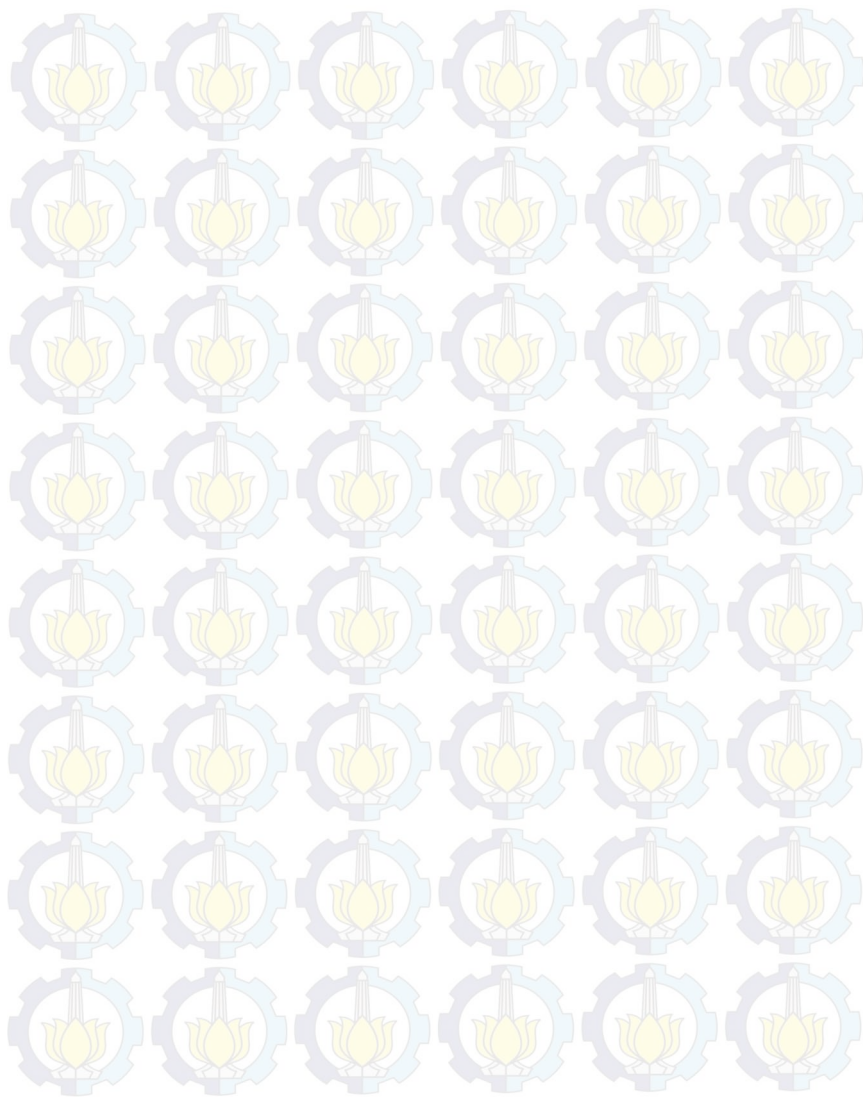
Abstract.

Excessive used of fertilizers and pesticides was one of heavy metal pollution included copper (Cu) in agricultural activities. The dozes of excess Cu caused toxicity effect on some food plant such as *Cucumis sativus*. Therefore researched about responses of plant to copper stress was necessary to do. This researched objected to find out the growth and physiological responses of three *C. sativus* varieties (NATANZ F1 var. CU 531, SEMI F1 var. CU 699 and CITRA BABY F1) to copper stress (0, 30, 70 and 120 ppm).

Researched used RAL factorial with two factor (varieties and concentration). The parameter that objected included root length, shoot height, MDA content, chlorophyll content and copper accumulation in root. The result analyzed statistically with ANOVA-Two Way ($\alpha = 5\%$) and continued with Tukey if the result showed significant.

The result showed significant to decreased of root length, shoot height and chlorophyll content. Citra was the more sensitive variety than Natanz and Semi. It based on percentage of root length reduction in 120 ppm. Reduction of root length about 50.36%. Reduction of shoot height (42.78%) and chlorophyll content (65.79%) showed that Semi was the more sensitive variety than Natanz and Citra. However the MDA content and copper content in root did not significant.

Key word: *C. sativus*, copper, malondialdehyde, chlorophyll.



KATA PENGANTAR

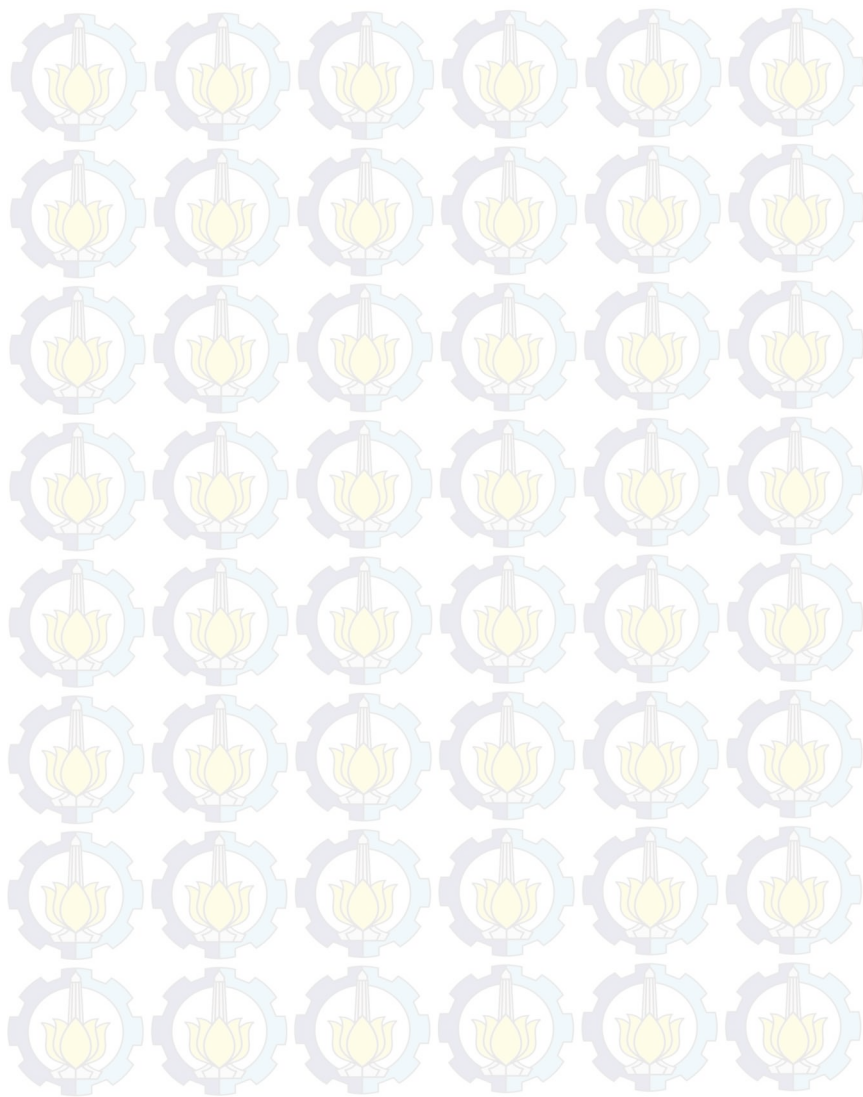
Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, inayah, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Respon Beberapa Varietas Tanaman Mentimun (*Cucumis sativus* L.) Terhadap Cekaman Logam Berat Cu (tembaga)**. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret hingga Mei 2015. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan suatu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata 1 (S1) di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Nurul Jadid, S.Si., M.Sc selaku dosen pembimbing, Ibu Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si dan Ibu Ir. Sri Nurhatika, MP selaku dosen penguji. Penulis juga mengucapkan terima kasih atas bantuan dan dukungan teman-teman dan seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini karena pengalaman yang dimiliki sangat kurang. Maka dari itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penulis dan semoga Tugas Akhir ini bermanfaat untuk pembaca maupun penulis sendiri.

Surabaya, 06 Juli 2015

Nilna Rizqiyah Mubarakah



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanaman Mentimun (<i>Cucumis sativus</i> L.)	5
2.1.1 <i>C. sativus</i> NATANZ F1 var. CU 531	6
2.1.2 <i>C. sativus</i> SEMI F1 var. CU 699	6
2.1.3 <i>C. sativus</i> CITRA BABY F1	6
2.2 Cekaman Logam Berat	7
2.2.1 Logam Berat Cu	7
2.2.2 Respon tanaman <i>C.sativus</i> terhadap cekaman Cu ..	8
2.3 Stres Oksidatif	8
2.3.1 Radikal Bebas.....	10
	11
BAB III METODOLOGI	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2 Metode yang Digunakan	15
3.2.1 Persemaian	15
3.2.2 Cekaman logam Cu.	15
3.2.3 Analisis morfologi	15

3.2.4 Analisis logam berat	16
3.2.5 Uji lipid peroksidasi	16
3.2.6 Uji kandungan klorofil	16
3.3 Rancangan Penelitian dan Analisis Data	17
	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengaruh Cekaman Cu terhadap Panjang Akar.....	
4.2 Pengaruh Cekaman Cu terhadap Tinggi Tanaman	21
4.3 Respon Peroksidasi Lipid terhadap Cekaman Cu.....	24
4.4 Respon Kandungan Klorofil terhadap Cekaman Cu ..	27
4.5 Kandungan Logam Cu pada Akar Mentimun.....	30
	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	
5.2 Saran.....	39
	40
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN.....	41
	53

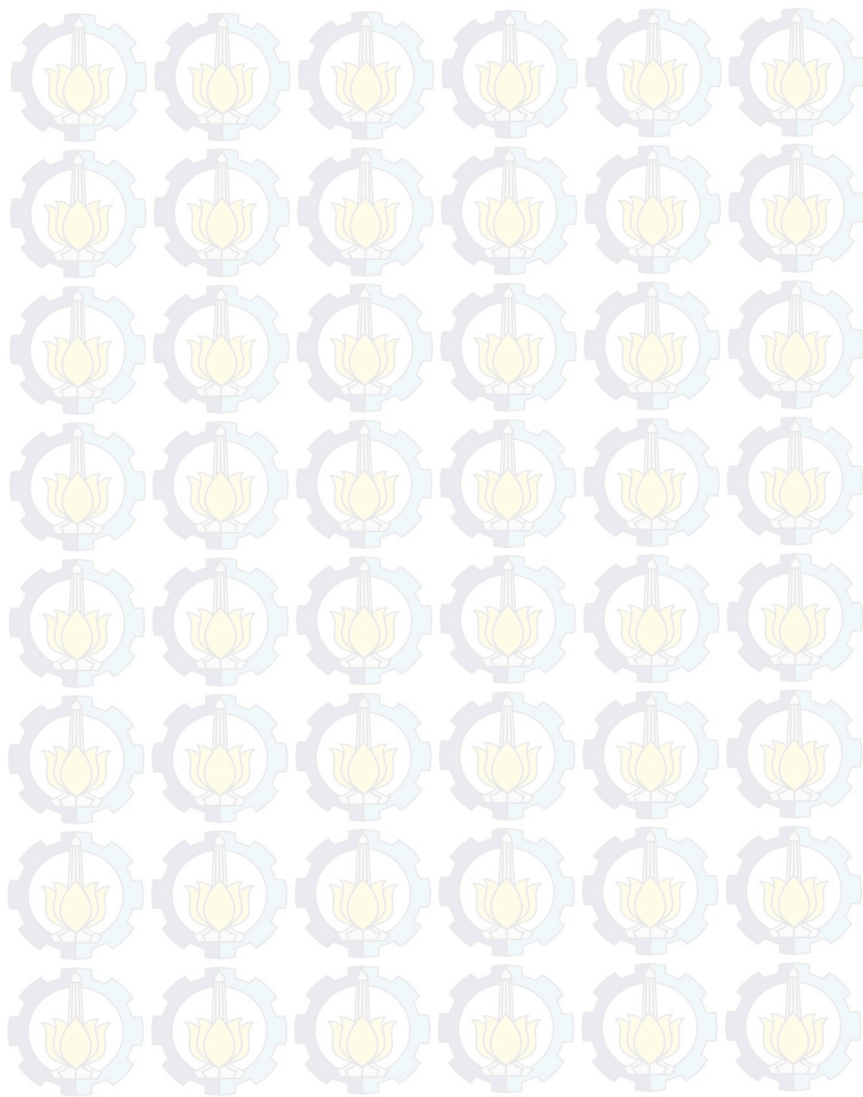
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tanaman Mentimun (<i>C. sativus</i> L.)	5
Gambar 2.2 Buah dan Daun <i>C. sativus</i> NATANZ F1 var. CU 531.....	6
Gambar 2.3 Buah dan Daun <i>C. sativus</i> SEMI F1 var. CU 699	7
Gambar 2.4 Buah dan Daun <i>C. sativus</i> CITRA BABY F1	7
Gambar 4.1 Grafik Panjang Akar (cm) Tanaman Mentimun Terhadap Cekaman Cu	21
Gambar 4.2 Grafik Tinggi Tanaman (cm) Mentimun Terhadap Cekaman Cu	25
Gambar 4.3 Grafik Kadar MDA ($\mu\text{mol/g}$) Tanaman Mentimun Terhadap Cekaman Cu	27
Gambar 4.4 Grafik Kadar Klorofil (mg/g) Tanaman Mentimun Terhadap Cekaman Cu	30
Gambar 4.5 Perbedaan Warna Daun Tanaman Mentimun SEMI F1 var. CU 699	32

Gambar 4.6	Perbedaan Warna Daun Tanaman Mentimun NATANZ F1 var. CU 531	33
Gambar 4.7	Perbedaan Warna Daun Tanaman Mentimun CITRA BABY F1	33
Gambar 4.8	Grafik Kadar Cu ($\mu\text{mol/g}$) yang Terserap oleh Tanaman Mentimun	35

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Rata-rata Panjang Akar Tiga Varietas Mentimun Terhadap Cekaman Cu	23
Tabel 4.2 Rata-rata Tinggi Tanaman Tiga Varietas Mentimun Terhadap Cekaman Cu	26
Tabel 4.3 Rata-rata Kadar MDA Tiga Varietas Mentimun Terhadap Cekaman Cu	29
Tabel 4.4 Rata-rata Kadar Klorofil Tiga Varietas Mentimun Terhadap Cekaman Cu	31
Tabel 4.5 Rata-rata Kadar Cu yang Terserap oleh Tiga Varietas Mentimun	36



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Skema Kerja	53
Lampiran 2	Perhitungan Ulangan	53
Lampiran 3	Pengecambahan Biji Mentimun (<i>C. sativus</i>)	54
Lampiran 4	Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu)	54
Lampiran 5	Pengamatan Respon Morfologi	55
Lampiran 6	Analisa Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu)	55
Lampiran 7	Analisa Kandungan (MDA) Malondialdehid	56
Lampiran 8	Analisa Kandungan Klorofil	56
Lampiran 9	Buah Tanaman Mentimun Varietas Semi, Natanz dan Citra ...	58
Lampiran 10	Hasil Uji Lanjutan Tukey Pada Panjang Akar	59
Lampiran 11	Hasil Uji Lanjutan Tukey pada Tinggi Tanaman	60
Lampiran 12	Hasil Uji Lanjutan Tukey Pada Kandungan MDA	61

Lampiran 13	Hasil Uji Lanjutan Tukey Pada Kandungan Klorofil.....	62
Lampiran 14	Hasil Uji Lanjutan Tukey Kandungan Logam Cu Pada akar..	63
Lampiran 15	Hasil Uji AAS	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan manusia dan laju urbanisasi yang cepat berkontribusi dalam peningkatan polusi lingkungan yang mempengaruhi jumlah logam berat di udara, air dan tanah (Demirevska *et al.*, 2004). Aktivitas pertanian modern yang menggunakan pupuk kimia dan pestisida untuk mendapatkan hasil produksi yang tinggi dalam waktu singkat merupakan salah satu kegiatan yang menyebabkan adanya polusi logam berat pada kegiatan pertanian. Penggunaan pestisida oleh para petani dimaksudkan untuk menghindari adanya serangan hama, gulma atau patogen lain (WHO, 1990). Adanya kandungan logam berat pada pestisida yang digunakan oleh para petani merupakan salah satu sumber pencemaran logam berat pada sayuran (Timothy *et al.*, 2007), yang apabila penggunaanya secara terus menerus dalam jumlah banyak akan terakumulasi dalam sistem fisiologis sayuran yang disemprot (Parida *et al.*, 2003; Clemente *et al.*, 2007).

Logam berat tidak dapat didegradasi atau dihancurkan bahkan pada konsentrasi rendah mampu mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksi tanaman (Wang *et al.*, 2011). Tembaga (Cu) merupakan salah satu nutrisi penting bagi tanaman, namun apabila diberikan dalam konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan toksisitas pada tanaman tersebut (Shaw *et al.*, 2006). Tembaga oksida (CuO) merupakan salah satu logam berat yang digunakan sebagai bahan aktif dalam komposisi pestisida (CDPR, 2009). Tembaga oksida juga digunakan dalam pertanian sebagai fungisida untuk melindungi tanaman dari berbagai jamur pada daun (HSDB, 2008). Tembaga oksida merupakan biosida yang efektif, namun senyawa ini juga dapat mempengaruhi organisme non-target (selain hama) seperti tanaman yang disemprot (Lina *et al.*, 2011). Kontaminasi logam berat pada

sayur-sayuran dapat berpengaruh terhadap kesehatan manusia sebagai konsumen (Chiroma *et al.*, 2012).

C. sativus atau mentimun merupakan salah satu jenis sayuran penting yang persebaran area pertumbuhannya luas. Beberapa tahun terakhir, kondisi area pertanian banyak yang tercemar oleh logam berat sehingga akan mempengaruhi hasil panen. *C. sativus* merupakan salah satu jenis sayuran yang sensitif terhadap adanya logam berat (Lijin *et al.*, 2012). Asimiliasi kadar Cu yang tinggi dapat menghambat sintesis biomasa yang akan berdampak pada menurunnya pertumbuhan (Maneva *et al.*, 2009). Yang dan Watts (2005) menyatakan bahwa 2 mg/L logam berat seperti Cu dapat menghambat pemanjangan akar pada *C. sativus*. Kelebihan logam Cu dapat menghambat fotosintesis, menghambat sintesis pigmen dan merusak permeabilitas membran (Andrade *et al.*, 2010).

Efek toksisitas Cu juga berdampak pada berkurangnya tinggi tanaman dan menurunnya jumlah sintesis klorofil dan karotenoid (Fariduddin *et al.*, 2009). Induksi logam berat seperti Cu juga akan menyebabkan kerusakan oksidatif pada membran plasma tumbuhan, dimana ion Cu akan bereaksi dengan air dan membentuk senyawa radikal bebas yang menyebabkan membran lipid mengalami peroksidasi (Hall, 2002). Tanaman sendiri memiliki mekanisme pertahanan enzimatis untuk mengurangi senyawa ROS (*reactive oxygen species*) seperti sintesis senyawa antioksidan enzim peroksidase (POD), sehingga tanaman tersebut mampu mempertahankan kondisi fisiologisnya saat tercekam (Teisseire *et al.*, 2000).

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian respon berbagai varietas tanaman mentimun (*C. sativus*) terhadap adanya variasi konsentrasi cekaman tembaga (Cu) dengan analisis morfologi yang mencakup tinggi tanaman dan panjang akar serta analisis fisiologis yang meliputi akumulasi logam berat, kandungan malondialdehid dan kandungan klorofil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana respon beberapa varietas mentimun (*C. sativus*) terhadap cekaman logam berat Cu (tembaga).

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Tingkat konsentrasi tembaga (Cu) yang digunakan adalah 0, 30, 70 dan 120 ppm.
2. Varietas *C. sativus* yang digunakan yaitu NATANZ F1 var. CU 531, SEMI F1 var. CU 699 dan CITRA BABY F1.
3. Respon morfologis yang dianalisis mencakup panjang akar dan tinggi tanaman.
4. Respon fisiologis yang dianalisis mencakup akumulasi logam berat di akar, kandungan klorofil dan kandungan malondialdehid.
5. Pemberian cekaman Cu pada tanaman *C. sativus* dilakukan secara *in vivo*.

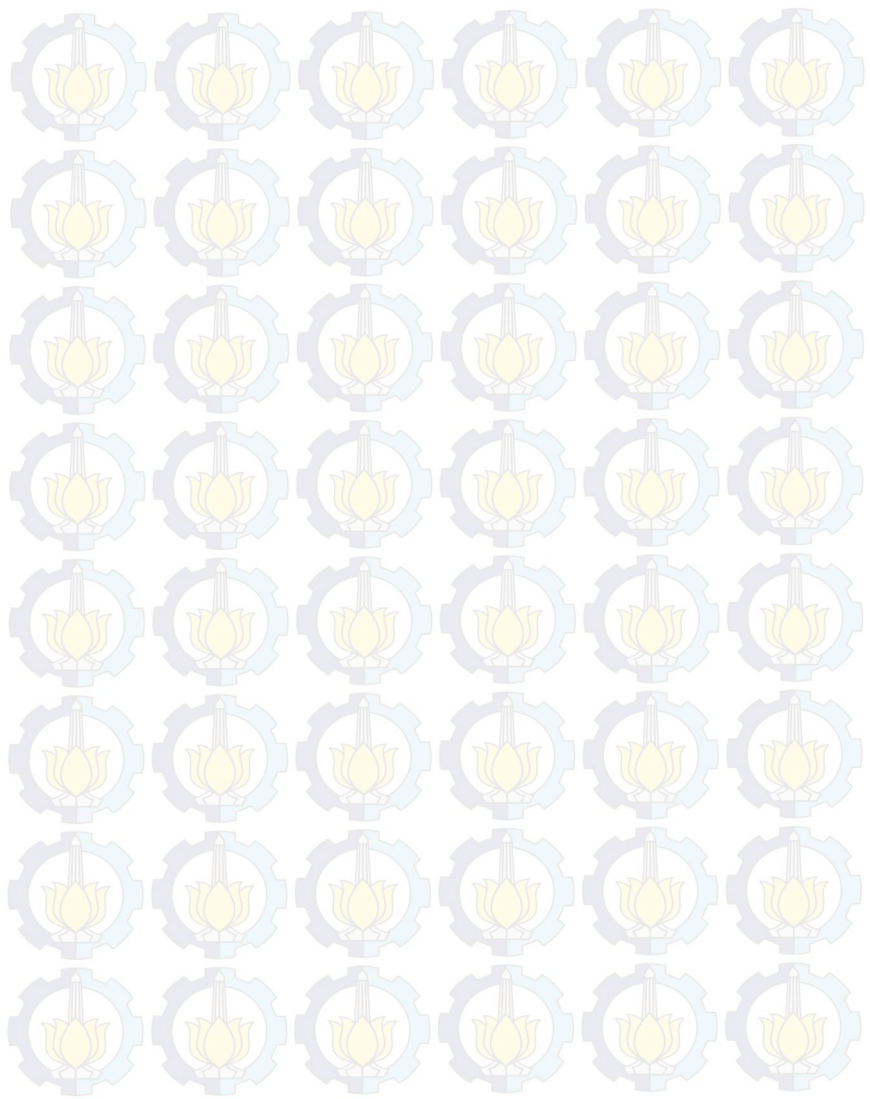
1.4 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui respon beberapa varietas tanaman mentimun (*C. sativus*) terhadap cekaman logam berat Cu (tembaga).

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi data yang dapat digunakan sebagai acuan untuk pengembangan penelitian fisiologis cekaman tumbuhan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Cucumis sativus* L.

Klasifikasi tanaman *C. sativus* :

Regnum : Plantae
Divisi : Tracheophyta
Subdivisi : Spermatophyta
Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Cucurbitales
Famili : Cucurbitales
Genus : Cucumis
Spesies : *C. sativus* L.

(ITIS, 2011)



Gambar 2.1 Tanaman *C. sativus* (Van den boss, 2004)

Morfologi tanaman *C. sativus* menurut Steenis (2006), merupakan tanaman menjalar atau memanjat. Batang bersegi 5 tumpul, 0.5-2.5 m panjangnya dan bersulur yang tumbuh di sisi tangkai daun. Mentimun berdaun tunggal, bangun daun bulat telur lebar dengan pangkal bentuk jantung dan ujung runcing. Bunga mentimun merupakan bunga sempurna. Tabung kelopak bentuk

lonceng atau bentuk gasing berwarna hijau. Mahkota bentuk lonceng datar, terdiri dari 5-6, berwarna kuning terang. Buah berbentuk silindris dengan ukuran 10-30 cm, tumbuh dari ketiak daun dengan posisi menggantung, mengandung banyak air, kulit berwarna hijau keputihan dan biji berwarna putih keruh (Steenis, 2006). *C. sativus* termasuk tanaman semusim (*annual*), sistem perakarannya merupakan akar tunggang dengan bulu akar. Akar hanya mampu menembus kedalaman ± 60 cm dari permukaan tanah (Samadi, 2002).

2.1.1 *C. sativus* NATANZ F1 var. CU 531

Timun ini termasuk dalam timun tipe rujak dengan panjang buah ± 28 cm dan diameter ± 4 cm. Memiliki rongga buah yang padat, renyah dan manis. Pangkal buah tidak pahit, warna buah hijau tua dan ukuran seragam, mudah merambat dan memiliki cabang yang produktif. Umur panen varietas ini adalah 29-31 HST (Hari Setelah Tanam) dengan potensi produksi 70 ton/ha. Timun varietas ini cocok ditanam di dataran rendah dan tinggi. Morfologi yang membedakan antar varietas mentimun terletak pada daun dan buah. Daun mentimun varietas Natanz memiliki bentuk jantung (*cordatus*) yaitu bentuk daun menyerupai bulat telur, tetapi pangkal daun mempunyai lekukan dan ujung daunnya *acuminatus* (meruncing).



Gambar 2.2 Buah dan Daun *C. sativus* NATANZ F1 var. CU 531 (Dokumentasi pribadi)

2.1.2 *C. sativus* SEMI F1 var. CU 699

Timun ini termasuk dalam timun tipe rujak dengan panjang buah ± 16 cm dan diameter ± 4 cm. Memiliki rongga buah yang padat, renyah dan manis. Pangkal buah tidak pahit, warna buah hijau tua dan ukuran seragam. Termasuk dalam tanaman vigor dan memiliki cabang produktif yang banyak. Umur panen varietas ini adalah 30-35 HST dengan potensi produksi 70 ton/ha. Timun varietas ini cocok ditanam di dataran rendah dan menengah. Morfologi yang membedakan antar varietas mentimun terletak pada daun dan buah. Daun mentimun varietas Semi memiliki bentuk *cordatus* yaitu bentuk daun menyerupai bulat telur, tetapi pangkal daun mempunyai lekukan dan ujung daunnya *obtusius* (tumpul).



Gambar 2.3 Buah dan Daun *C. sativus* SEMI F1 var. CU 699 (Dokumentasi pribadi)

2.1.3 *C. sativus* CITRA BABY F1

Timun ini termasuk dalam timun tipe rujak dengan panjang buah ± 10 cm dan diameter ± 4 cm. Memiliki rongga buah yang padat, renyah dan manis. Pangkal buah tidak pahit, warna buah hijau keputihan dan ukuran seragam. Termasuk dalam tanaman vigor dan memiliki cabang produktif yang banyak. Umur panen varietas ini adalah 28-30 HST dengan potensi produksi 60 ton/ha. Timun varietas ini cocok ditanam di dataran rendah dan menengah. Morfologi yang membedakan antar varietas mentimun terletak pada daun dan buah. Daun mentimun varietas Citra

memiliki bentuk *cordatus* yaitu bentuk daun menyerupai bulat telur, tetapi pangkal daun mempunyai lekukan dan ujung daunnya *acuminatus* (meruncing).



Gambar 2.4 Buah dan Daun *C. sativus* CITRA BABY F1 (Dokumentasi pribadi)

2.2 Cekaman Logam Berat

Cekaman biasanya didefinisikan sebagai faktor luar yang tidak menguntungkan yang berpengaruh buruk terhadap tanaman (Fallah, 2006). Campbell (2003) mendefinisikan cekaman sebagai kondisi lingkungan yang dapat memberi pengaruh buruk pada pertumbuhan, reproduksi, dan kelangsungan hidup tumbuhan. Hidayat (2002) menyatakan bahwa pada umumnya cekaman lingkungan pada tumbuhan dikelompokkan menjadi dua, yaitu: (1) cekaman biotik, terdiri dari: (a) kompetisi intra spesies dan antar spesies, (b) infeksi oleh hama dan penyakit, dan (2) cekaman abiotik berupa: (a) suhu (tinggi dan rendah), (b) air (kelebihan dan kekurangan), (c) radiasi (ultraviolet, infra merah, dan radiasi mengionisasi), (d) kimiawi (garam, gas, logam berat, dan pestisida), (e) angin.

Salah satu bentuk cekaman abiotik pada tanaman adalah cekaman logam berat. Polusi logam berat di dalam tanah merupakan masalah yang serius bagi lingkungan dan berdampak negatif terhadap pertanian (Shao *et al.*, 2010).

2.2.1 Logam berat Cu (tembaga)

Logam berat merupakan istilah yang digunakan untuk unsur-unsur transisi yang mempunyai massa jenis atom lebih besar dari 6 g/cm³. Merkuri (Hg), timbal (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd) dan stronsium (Sr) adalah contoh logam berat yang berupa kontaminan yang berasal dari luar tanah dan sangat diperhatikan karena berhubungan erat dengan kesehatan manusia, pertanian dan ekotoksikologinya (Alloway *dalam* Darmono, 1995).

Secara umum, logam berat dibagi menjadi dua yaitu logam esensial dan non esensial (MacFarlane & Burchett, 2002). Walaupun logam esensial dibutuhkan dalam tubuh makhluk hidup, pemberian dalam jumlah yang relatif besar juga dapat menyebabkan keracunan (Underwood, 1977). Tembaga (Cu) termasuk dalam logam esensial (MacFarlane & Burchett, 2002), dimana Cu sangat berguna untuk pertumbuhan jaringan tumbuhan terutama jaringan daun dimana terdapat proses fotosintesis (Kamaruzzaman *et al.*, 2008). Selain itu, Cu juga mempunyai fungsi sebagai salah satu mikronutrien yang diperlukan didalam mitokondria dan kloroplas serta berperan dalam proses sintesis dan metabolisme karbohidrat dan protein serta sebagai dinding sel lignin (MacFarlane & Burchett, 2003).

Tembaga (Cu) bersifat racun terhadap beberapa jenis tumbuhan pada konsentrasi larutan di atas 0,1 ppm. Konsentrasi normal komponen ini di tanah berkisar 20 ppm dengan tingkat mobilitas sangat lambat karena ikatan yang sangat kuat dengan material organik dan mineral tanah liat. Cemaran logam tembaga pada bahan pangan pada awalnya terjadi karena penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan. Meskipun demikian, pengaruh proses pengolahan akan dapat mempengaruhi status keberadaan tembaga tersebut dalam bahan pangan (Charlene, 2004). Dirjen Pengawasan Obat dan Makanan (POM) RI telah menetapkan batas maksimum cemaran logam berat tembaga pada sayuran segar yaitu 50 ppm, namun tembaga merupakan konstituen yang harus ada dalam makanan manusia dan

dibutuhkan oleh tubuh (*Acceptance Daily Intake*/ADI = 0,05 mg/kg berat badan). Pada kadar ini tidak terjadi akumulasi pada tubuh manusia normal. Akan tetapi asupan dalam jumlah yang besar pada tubuh manusia dapat menyebabkan gejala-gejala yang akut (Astawan, 1995).

2.2.2 Respon tanaman *C. sativus* terhadap cekaman Cu

Fitter (1982) menyatakan bahwa mekanisme yang mungkin dilakukan oleh tumbuhan untuk menghadapi konsentrasi toksik yang pertama adalah penanggulangan (ameliorasi), yaitu untuk meminimumkan pengaruh toksin. Terdapat empat pendekatan, yaitu:

1. Lokalisasi (intraseluler atau ekstraseluler) biasanya pada organ akar.
2. Ekskresi yang secara aktif melalui kelenjar pada tajuk atau secara pasif melalui akumulasi pada daun-daun tua yang diikuti dengan pengguguran daun.
3. Dilusi atau melemahkan melalui pengenceran.
4. Inaktivasi secara kimia.

Mekanisme kedua adalah toleransi dimana tumbuhan mengembangkan sistem metabolik yang dapat berfungsi pada konsentrasi logam yang menyebabkan gejala toksik.

Logam berat yang ada di lingkungan, tanah, air dan udara dengan suatu mekanisme tertentu masuk ke dalam tubuh makhluk hidup. Tanaman yang menjadi mediator penyebaran logam berat pada makhluk hidup, menyerap logam berat melalui akar dan daun (stomata). Logam berat terserap ke dalam jaringan tanaman melalui akar, yang selanjutnya akan masuk ke dalam siklus rantai makanan (*Alloway dalam Darmono*, 2005). Logam Cu yang merupakan mikronutrien yang dibutuhkan tumbuhan memiliki *transporter* khusus sehingga mudah diserap oleh tanaman. Penyerapan dilakukan secara simplas dan apoplas, sehingga banyak ditemukan akumulasi Cu pada jaringan pengangkut dan silinder tengah. Gejala keracunan Cu yang umumnya terjadi

adalah lignifikasi (Arduini *et al.*, 1995; Lequex *et al.*, 2010). Polimerasi lignin dikatalisis oleh enzim peroksidase dan lakase yang merupakan glikoprotein yang mengandung Cu (Quiroga *et al.*, 2000).

Pertumbuhan akar dan warna daun umumnya menjadi patokan respon fisiologis tumbuhan akibat cekaman logam karena berhubungan erat dengan terganggunya aktivitas dalam sel dan metabolisme tumbuhan. Cekaman mineral umumnya mengakibatkan daun mengalami klorosis ataupun nekrosis (Wann 1930). Selain itu, terhambatnya pertumbuhan akar merupakan indikator besar tidaknya efek cekaman logam berat terhadap akar. Parameter penurunan panjang akar telah digunakan pada beberapa studi seperti Arduini *et al.*, (1995). Sedangkan klorosis merupakan salah satu gejala stres akibat cekaman logam berat.

Secara umum cekaman logam berat menyebabkan kerusakan intraselular dan ekstraselular yang mengakibatkan gangguan pertumbuhan. Gangguan pertumbuhan yang ditunjukkan oleh parameter penurunan panjang akar disebabkan oleh gangguan penyerapan mineral penting dan gangguan metabolisme dalam sel (Taiz & Zeiger 2010). Penyerapan mineral penting terganggu karena kehadiran Cu yang berlebihan memicu perebutan protein pengikat mineral lain yang dibutuhkan tanaman, sehingga penyerapannya menurun. Selain itu, Cu menghambat peningkatan permeabilitas membrane plasma dan rusaknya dinding sel (Fry *et al.*, 2002). Hal tersebut menurunkan daya filter sel terhadap penyerapan Cu, sehingga Cu mudah diserap sel. Di dalam sel, akumulasi Cu menyebabkan penurunan kadar mineral penting seperti Ca, K, P dan Mn sehingga memicu terjadinya gangguan pembelahan sel (Lequex *et al.*, 2010; Jiang *et al.*, 2001). Mineral-mineral tersebut berperan dalam aktivitas enzimatik dan pembentukan energi dalam sel, berkurangnya ATP akibat menurunnya Ca mengganggu dan memperlambat pembelahan.

2.3 Stres oksidatif

Secara terminologi stres oksidatif menunjukkan adanya produksi radikal bebas yang berlebihan melebihi kapasitas perlindungan antioksidan. Stres oksidatif dianggap sebagai keadaan dimana terjadi ketidak seimbangan antara prooksidan dengan antioksidan, produksi radikal bebas melebihi kemampuan penghambat radikal alamiah (Rush *et al.*, 2005).

2.3.1 Radikal bebas

Radikal bebas merupakan atom atau gugus atom apa saja yang memiliki satu atau lebih elektron tak berpasangan, karena jumlah elektron ganjil, maka tidak semua elektron dapat berpasangan sehingga sifatnya sangat reaktif. Jika jumlahnya sedikit, radikal bebas dapat dinetralkan oleh sistem enzimatik tubuh, namun jika berlebihan akan memicu efek patologis. Radikal bebas merupakan agen pengoksidasi kuat yang dapat merusak sistem pertahanan dengan akibat kerusakan sel dan penuaan dini karena elektron yang tidak berpasangan selalu mencari pasangan elektron dalam makromolekul biologi (Rush *et al.*, 2005).

Protein lipid dan DNA dari sel makhluk hidup merupakan sumber pasangan elektron yang baik. Radikal bebas yang berasal dari oksigen diklasifikasikan sebagai *Reactive Oxygen Species* (ROS), termasuk radikal superoksida (O_2^-), radikal hidroksil (OH^\bullet) dan radikal hidrogen peroksida (H_2O_2). Enzim yang berperan dalam peningkatan produksi ion superoksida termasuk rantai transpor elektron mitokondria, NAD(P)H Oksidase dan Xanthin Oksidase. Perusakan sel oleh radikal bebas reaktif didahului oleh kerusakan membran sel, dengan rangkaian proses sebagai berikut:

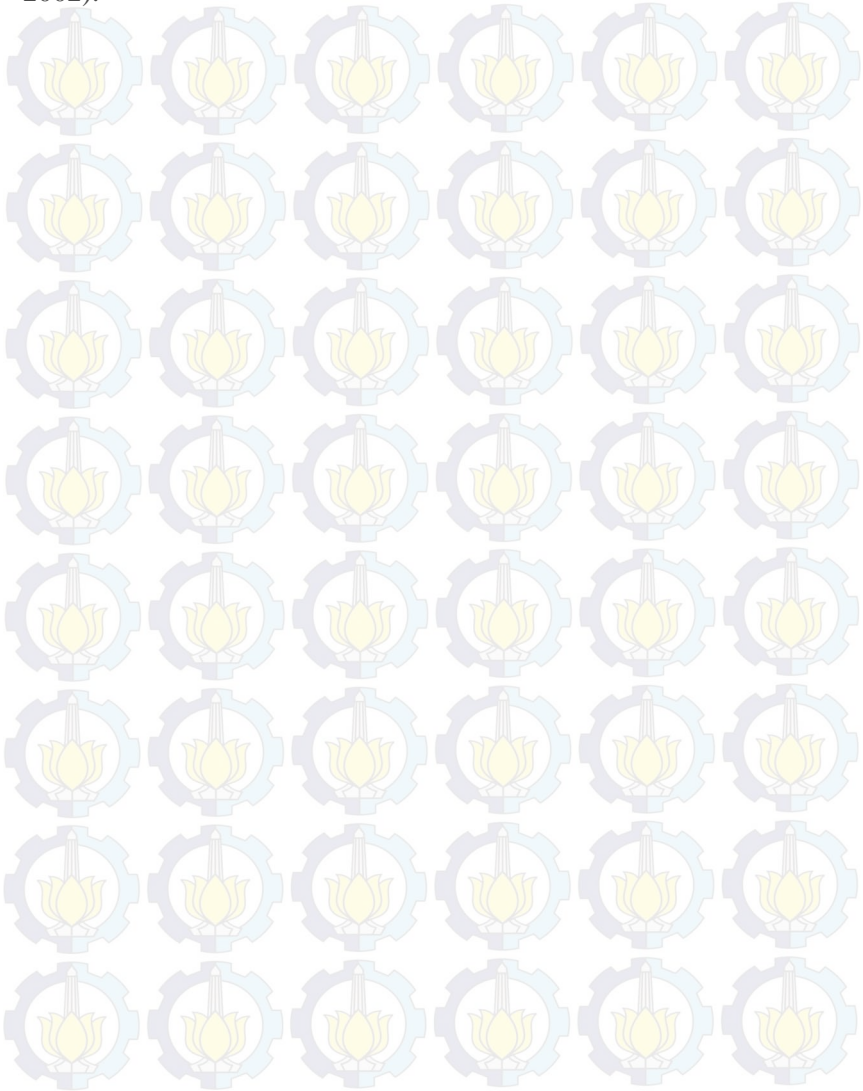
- Terjadi ikatan kovalen antara radikal bebas dengan komponen membran (enzim-enzim membrane dan komponen karbohidrat membran plasma), sehingga terjadi perubahan struktur dan fungsi reseptor.

- Oksidasi gugus tiol pada komponen membran oleh radikal bebas yang menyebabkan proses transpor lintas membran terganggu.
- Reaksi peroksidasi lipid dan kolestrol membran yang mengandung asam lemak tak jenuh majemuk (PUFA = *Poly unsaturated Fatty Acid*). Hasil peroksidasi lipid membran oleh radikal bebas berefek langsung terhadap kerusakan membran sel, antara lain dengan mengubah fluiditas, *cross-linking*, struktur dan fungsi membran serta kematian sel (Rush *et al.*, 2005).

Peroksida lipid bertanggung jawab terhadap perusakan jaringan tubuh *in vivo*, sehingga mempercepat proses degenerasi. Peroksidasi terhadap lipid dalam membran sel akan sangat mengganggu fungsi membran, menimbulkan kerusakan yang ireversibel terhadap fluiditas dan elastisitas membran, yang dapat menyebabkan ruptur membran sel. Untuk mengetahui terjadinya peroksida lipid salah satunya adalah dengan mengukur kadar MDA (Malondialdehid) (Suryohudoyo, 2000).

Malondialdehid sebagai hasil utama peroksidasi lipid akibat stres oksidatif biasanya digunakan sebagai biomarker biologis untuk menilai stres oksidatif (Suryohudoyo, 2000). Pada proses peroksidasi lipid, selain MDA terbentuk juga radikal bebas yang lain, tetapi radikal bebas tersebut mempunyai waktu paruh yang pendek sehingga sulit diperiksa dalam laboratorium (Cherubini, 2005). Pengukuran kadar MDA serum dapat dilakukan dengan *Test thiobarbituric acidreactive substance* (TBARS) yang berdasarkan pada pemeriksaan reaksi spektrofotometrik (Suwandi, 2012). Peroksidasi lipid dalam bahan pangan akan terdekomposisi menjadi aldehid, keton dan khususnya malondialdehid. Senyawa-senyawa karbonil ini akan bereaksi dengan gugus amino protein melalui reaksi amino-karbonil dan pembentukan basa Schiff. Reaksi malondialdehid dengan rantai samping lisil akan mengakibatkan *cross-linking* dan polimerisasi protein. Reaksi ini berdampak pada menurunnya

nilai gizi protein dan dapat menimbulkan *off-flavour* (Apyanto, 2002).



BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Maret hingga Mei 2015 di *Green House Urban Farming* ITS serta Laboratorium Botani Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

3.2 Metode yang Digunakan

3.2.1 Persemaian

Disiapkan media tanam tanah dan polybag. Benih *Cucumis sativus* direndam dalam air hangat ± 2 jam untuk memecah masa dormansi. Benih masing-masing varietas *C. sativus* disemaikan pada tanah:kompos (1:1) dalam polybag. Kemudian tanaman disiram dengan air keran setiap hari sekali (Alaoui *et al.*, 2004).

3.2.2 Cekaman Cu

Pemberian cekaman CuCl_2 diberikan setelah tanaman *C. sativus* berumur ± 30 hari. Variasi konsentrasi CuCl_2 yang digunakan yaitu 0, 30, 70 dan 120 ppm yang disiramkan setiap 5 hari sekali selama 15 hari. Pemberian cekaman dilakukan dengan metode menurut Alaoui *et al.*, (2004), konsentrasi total Cu yang diberikan dibagi dengan jumlah frekuensi cekaman (3 kali) sehingga didapatkan kadar Cu yang disiramkan setiap masa perlakuan. Pada konsentrasi 30 ppm, kadar pemberian Cu yang diberikan sebesar 10 ppm setiap 5 hari sekali. Pada konsentrasi 70 ppm, kadar Cu yang diberikan setiap masa perlakuan yaitu 23,3 ppm dan untuk konsentrasi 120 ppm, kadar pemberian Cu setiap masa perlakuan adalah 40 ppm. Untuk tanaman kontrol (0 ppm) disiram air tanpa penambahan CuCl_2 . Dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali berdasarkan hasil perhitungan menurut Federer

(1977). Kemudian pada akhir masa cekaman tanaman dipanen dan dilakukan uji lanjutan (Alaoui *et al.*, 2004).

3.2.3 Analisis Morfologi

Analisis morfologi yang diamati pada penelitian ini meliputi panjang akar dan tinggi tanaman. Setelah masa cekaman, tanaman hasil uji cekaman logam CuCl_2 dipanen kemudian tanaman dicuci/ dibersihkan lalu dikering anginkan dan dihitung panjang akarnya menggunakan penggaris. Panjang akar dihitung dari pangkal hingga ujung akar. Sedangkan untuk tinggi tanaman diukur dari pangkal batang sampai ujung daun (pucuk). Pengukuran dilakukan sebelum dan sesudah dilakukan cekaman.

3.2.4 Analisis Logam Berat

Tanaman dicuci dengan air aquades sebanyak 3 kali, kemudian sebanyak 0,5 gram sampel dipotong kecil-kecil dan dihancurkan dengan mortar. Ditambahkan 10 mL $\text{HNO}_3\text{:HCl}$ (1:3) dan dipanaskan hingga larut pada *beaker glass*. Selanjutnya ditambahkan 5 mL HNO_3 pekat dan kemudian volumenya ditepatkan 100 mL dengan akuades. Sampel disentrifus dengan kecepatan 3.500 rpm selama 10 menit. Konsentrasi logam Cu pada akar diukur menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) pada panjang gelombang (λ) -324,8 nm (Basu *et al.*, 2012).

3.2.5 Uji Peroksidasi Lipid

Kadar peroksida didalam benih diukur berdasarkan akumulasi dari malondialdehid (MDA). Berdasarkan Buege dan Aust (1978) sebanyak 0,5 gr sampel daun dipotong kecil-kecil kemudian dihancurkan dengan mortar dan dihomogenkan dalam 1 mL reagen MDA (15% w/v asam trikloroasetat, 0,37% w/v 2-asam thiobarbiturat dan 0,25M HCL) dan diinkubasi pada suhu 90°C selama 30 menit. Sampel disentrifugasi dengan kecepatan 3.500 rpm selama 20 menit hingga diperoleh supernatan,

kemudian panjang absorbansi yang digunakan pada spektrofotometer adalah 535 nm (Alaoui *et al.*, 2004). Perhitungan kadar malondialdehid ditentukan dengan rumus menurut Lukatkin (2002):

$$\text{Kadar Malondialdehid} = \frac{A}{\varepsilon}$$

Keterangan : A = Nilai Absorbansi
 ε = koefisien $1.56 \times 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

3.2.6 Uji Kandungan Klorofil

Ekstraksi klorofil mengacu pada metode Hiscox dan Israelslam (1979), daun ditimbang dengan berat 0,3 gr dan dihancurkan dengan menggunakan mortar dan pestel, selanjutnya diekstrak dengan larutan aseton 85% 10 ml. Ekstrak yang diperoleh kemudian disaring dengan kertas saring dan dianalisis menggunakan spektrofotometer UV Vis pada panjang gelombang 644 nm dan 663 nm. Penghitungan kandungan klorofil (mg/g) ditentukan dengan rumus menurut Singh (2003):

$$\text{Klorofil a (mg/gr)} = \frac{(12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645})}{1000 \times W} \times V$$

$$\text{Klorofil b (mg/gr)} = \frac{(22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663})}{1000 \times W} \times V$$

$$\text{Klorofil total (mg/gr)} = \frac{(20,2 \times A_{645} - 8,02 \times A_{663})}{1000 \times W} \times V$$

Keterangan: A = Nilai Absorbansi
 V = Volume ekstrak (mL)
 W = Berat sampel (gr)

3.3 Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan pola faktorial yang terdiri dari 2 faktor dengan dilakukan pengulangan 2 kali, dimana jumlah pengulangan ini diperoleh berdasarkan rumus Federer (1977). Sehingga total 24 unit percobaan (24 polybag).

- a. Faktor pertama : varietas mentimun (NATANZ F1 var. CU 531, SEMI F1 var. CU 699 dan CITRA BABY F1)
- b. Faktor kedua : konsentrasi logam Cu (0, 30, 70 dan 120 ppm)

Untuk mengetahui pengaruh faktor dan interaksi terhadap respon morfologis dan fisiologis tanaman timun, analisis data menggunakan ANOVA *two way* dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 5\%$). Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Parameter Respon Morfologis :

H_0 : Tidak ada pengaruh nyata pada perbedaan varietas mentimun dan konsentrasi logam Cu terhadap panjang akar tanaman timun

H_1 : Terdapat pengaruh nyata pada perbedaan varietas mentimun dan konsentrasi logam Cu terhadap panjang akar tanaman timun

H_0 : Tidak ada pengaruh nyata pada perbedaan varietas mentimun dan konsentrasi logam Cu terhadap tinggi tanaman timun

H_1 : Terdapat pengaruh nyata pada perbedaan varietas mentimun dan konsentrasi logam Cu terhadap tinggi tanaman tanaman timun

2. Parameter Respon Fisiologis :

H_0 : Tidak ada pengaruh nyata pada perbedaan varietas mentimun dan konsentrasi logam Cu terhadap kandungan MDA tanaman timun

H_1 : Terdapat pengaruh nyata pada perbedaan varietas mentimun dan konsentrasi logam Cu terhadap kandungan MDA tanaman timun

H_0 : Tidak ada pengaruh nyata pada perbedaan varietas mentimun dan konsentrasi logam Cu terhadap kandungan klorofil tanaman timun

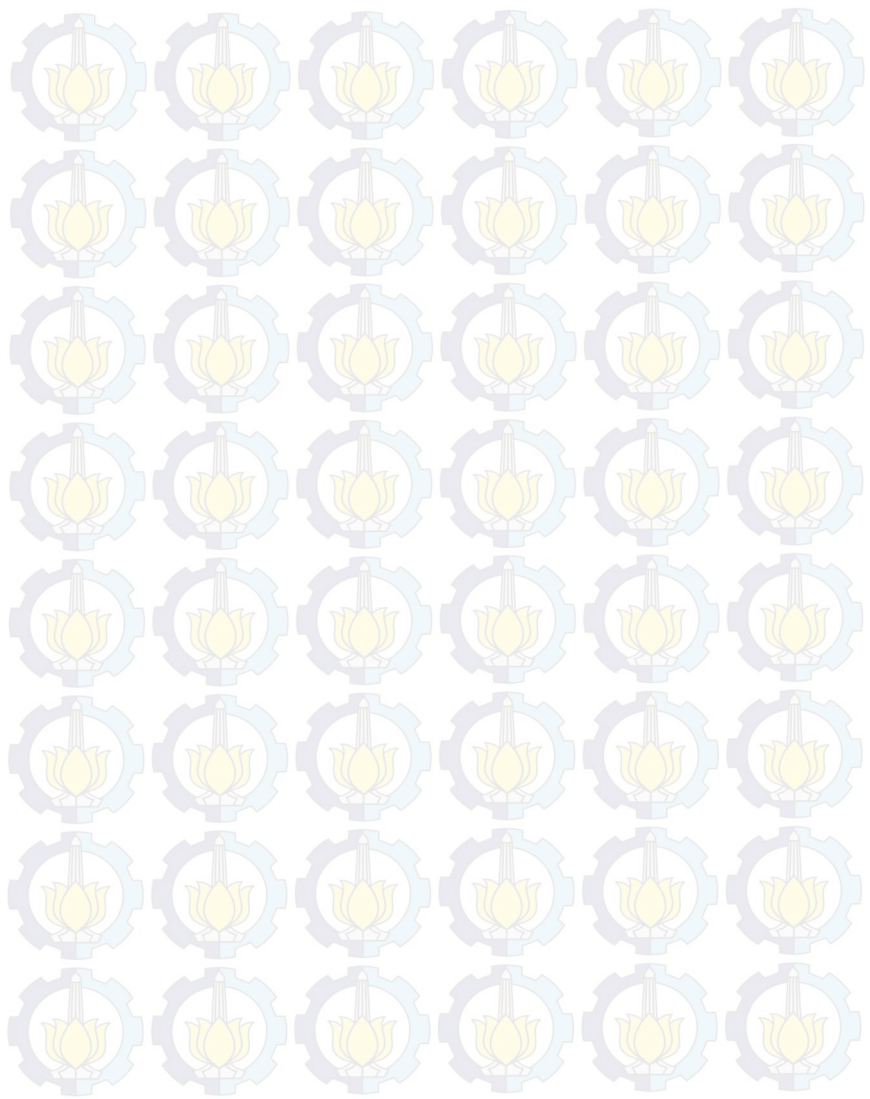
H_1 : Terdapat pengaruh nyata pada perbedaan varietas mentimun dan konsentrasi logam Cu terhadap kandungan klorofil tanaman timun

H_0 : Tidak ada pengaruh nyata pada perbedaan varietas mentimun dan konsentrasi logam Cu terhadap kandungan Cu pada akar tanaman timun

H_1 : Terdapat pengaruh nyata pada perbedaan varietas mentimun dan konsentrasi logam Cu terhadap kandungan Cu pada akar tanaman timun

Apabila H_1 diterima atau terdapat pengaruh maka dilanjutkan uji *Tukey* ($p < 0.05$) untuk mengetahui adanya perbedaan signifikan antar perlakuan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

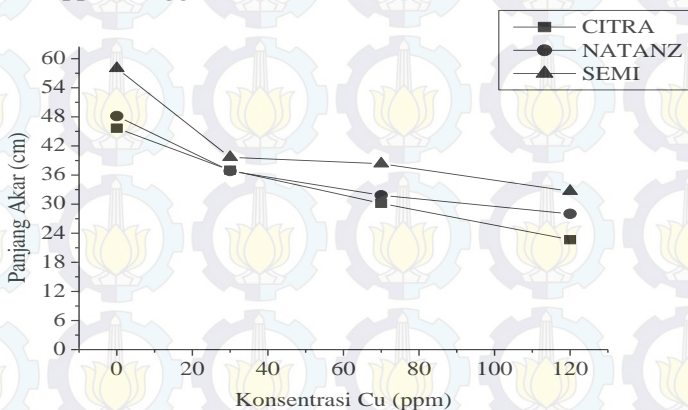


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Cekaman Cu Terhadap Panjang Akar

Cu atau tembaga merupakan mikronutrien esensial yang digunakan dalam jumlah sedikit oleh tanaman namun bersifat toksik pada konsentrasi tinggi (Wuana & Okieimen, 2011). Cekaman Cu berdampak pada terganggunya aktifitas fisiologis tanaman yang kemudian dapat mengakibatkan adanya degenerasi struktur sel, terhambatnya mekanisme pengambilan nutrisi, penurunan tinggi tanaman dan panjang akar (Alvarez *et al.*, 2006; Hall, 2000). Pada penelitian ini ketiga varietas mentimun (var. Semi, Natanz dan Citra) ditumbuhkan dalam media tanah: kompos (1:1) hingga berumur 30 hari, kemudian dilakukan perlakuan cekaman Cu selama 15 hari dengan 4 konsentrasi berbeda yaitu 0 ppm (kontrol), 30 ppm (rendah), 70 ppm (sedang) dan 120 ppm (tinggi).



Gambar 4.1 Grafik Panjang Akar (cm) Tanaman mentimun Terhadap Cekaman Cu

Berdasarkan hasil penelitian (gambar 4.1) menunjukkan bahwa cekaman logam Cu mempengaruhi panjang akar tanaman

mentimun. Semakin besar konsentrasi Cu yang diberikan maka panjang akar semakin menurun pada masing-masing varietas mentimun. Akar merupakan organ yang berperan secara langsung dalam proses penyerapan Cu (Kabata & Pendias, 1992). Stres oksidatif akibat kelebihan Cu mempengaruhi aktifitas pembelahan sel pada akar yang berakibat pada menurunnya parameter pertumbuhan atau kematian seluler (nekrosis) (Vassilev *et al.*, 2002). Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui juga bahwa setiap varietas tanaman mentimun memberikan respon penurunan panjang akar yang berbeda. Mantovi *et al.* (2003) menyatakan bahwa respon dan aktifitas penyerapan Cu berbeda-beda bergantung pada spesies dan kultivar tanaman.

Tabel 4.1 menunjukkan adanya penurunan rata-rata panjang akar tiap varietas mentimun terhadap tingginya kadar Cu yang diberikan. Berdasarkan hasil uji *Anova-twoway* dengan taraf kepercayaan 95% dapat diketahui bahwa perbedaan varietas dan konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini memberikan pengaruh terhadap panjang akar tanaman mentimun dengan nilai *p.value* 0.000. Nilai *p. value* kurang dari nilai α (0.05) menunjukkan bahwa hipotesa H_0 ditolak. Hasil uji anova tersebut dilanjutkan dengan uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa perbedaan varietas dan konsentrasi berpengaruh secara nyata pada panjang akar ketiga varietas mentimun tersebut. Namun varietas Citra pada konsentrasi cekaman 120 ppm menunjukkan perbedaan sangat signifikan dibandingkan dengan perlakuan lain. Panjang akarnya menurun hingga 22,7 cm yang menunjukkan varietas Citra merupakan varietas yang lebih sensitif terhadap cekaman Cu.

Tabel 4.1. Rata-rata Panjang Akar Tiga Varietas Mentimun Terhadap Cekaman Cu

Varietas	Konsentrasi	Rata-rata (cm) \pm SE
Semi	0	$58,0 \pm 0,857_a$
	30	$39,7 \pm 1,20_{bcd}$
	70	$38,3 \pm 1,31_{bcd}$
	120	$32,7 \pm 1,19_{cde}$
Natanz	0	$48,2 \pm 0,69_{ab}$
	30	$36,8 \pm 1,07_{bcd}$
	70	$31,8 \pm 1,08_{de}$
	120	$28,0 \pm 0,87_{de}$
Citra	0	$45,7 \pm 0,80_{bcd}$
	30	$37,0 \pm 0,57_{bcd}$
	70	$30,2 \pm 1,19_{de}$
	120	$22,7 \pm 1,09_e$

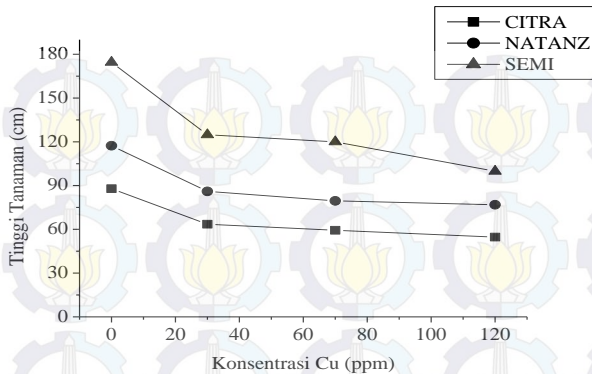
Keterangan : Nilai rata-rata diperoleh dari 2 ulangan. Angka dibelakang tanda \pm merupakan Standard Error (SE) yang diikuti dengan notifikasi huruf yang berbeda menunjukkan beda signifikan ($p < 0,05$).

Peningkatan konsentrasi cekaman logam Cu (0, 30, 70 dan 120 ppm) diikuti dengan penurunan panjang akar disetiap varietas mentimun. Hal ini sesuai dengan penelitian Iseri *et al.* (2011) yang menunjukkan bahwa konsentasi Cu yang tinggi berdampak pada penghambatan pertumbuhan akar. Diantara variasi konsentrasi cekaman Cu yang berbeda, pemberian cekaman Cu pada konsentrasi 120 ppm memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap panjang akar. Varietas Natanz mengalami penurunan sebesar 41,86% (28,0 cm), varietas Semi mengalami penurunan 43,67% (32,7 cm) dan varietas Citra mengalami penurunan 50,36% (22,7 cm) apabila dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian Cu. Meskipun demikian varietas Citra merupakan varietas yang mengalami penurunan tertinggi dibandingkan dua varietas lainnya. Hal ini sesuai dengan hasil uji *Tukey* yang menunjukkan bahwa varietas Citra merupakan varietas yang lebih sensitif terhadap cekaman Cu dibandingkan

dengan varietas Semi dan Natanz. Olso & Varner (1993) menyatakan bahwa Cu menginduksi adanya modifikasi dinding sel pada sistem perakaran berupa penebalan dinding sel (lignifikasi). Proses lignifikasi ini melibatkan senyawa hidrogen peroksida yang distimulus akibat adanya cekaman. Penebalan dinding sel pada akar merupakan penyebab hilangnya kapasitas penyerapan nutrisi dan kemampuannya untuk tumbuh. Hal inilah yang menyebabkan terhambatnya pertumbuhan pada tanaman (Schutzendubel & Polle, 2002). Selain itu Cu juga dapat menginduksi kematian sel dikarenakan tidak seimbangnya reaksi homeostatis redoks yang menyebabkan terjadinya stres oksidatif (Mullineaux & Baker, 2011). Stres oksidatif dapat menyebabkan menurunnya viabilitas sel. Hilangnya viabilitas sel pada jaringan meristem dapat memicu terhambatnya pemanjangan sel akar (Gabor *et al.*, 2013).

4.2 Pengaruh Cekaman Cu Terhadap Tinggi Tanaman

Logam Cu yang berlebihan bersifat toksik terhadap tanaman (Dresler *et al.*, 2014). Setelah diserap oleh akar, Cu ditransportasikan ke bagian tunas melalui jaringan xilem (Kabata & Pendias, 1992). Konsentrasi Cu yang tinggi pada tanaman menyebabkan penurunan tinggi tunas (Benimali *et al.*, 2010).



Gambar 4.2 Grafik Tinggi Tanaman (cm) Mentimun Terhadap Cekaman Cu

Berdasarkan hasil penelitian (gambar 4.2) menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi Cu yang diberikan maka tinggi tanaman semakin menurun pada masing-masing varietas mentimun. Cekaman Cu dapat mengurangi tinggi tanaman secara keseluruhan hingga mencapai setengah dari tinggi normalnya. Penurunan tinggi tanaman ini mengikuti penurunan kandungan pati, gula terlarut dan lemak pada tanaman (Lanaras *et al.*, 1993), yang merupakan akibat dari penurunan aktifitas fotosintetik (Agarwal *et al.*, 2000).

Tabel 4.2 menunjukkan adanya penurunan rata-rata tinggi tanaman varietas mentimun terhadap tingginya kadar Cu yang diberikan. Berdasarkan hasil uji *Anova-twoway* dengan taraf kepercayaan 95% dapat diketahui bahwa perbedaan varietas dan konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman mentimun dengan nilai *p.value* 0.000. Nilai *p. value* kurang dari nilai α (0.05) menunjukkan bahwa hipotesa H_0 ditolak. Hasil uji anova tersebut dilanjutkan dengan uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa perbedaan varietas dan konsentrasi berpengaruh secara nyata pada tinggi

tanaman ketiga varietas mentimun tersebut. Varietas Semi pada konsentrasi 0 ppm menunjukkan perbedaan signifikan dibandingkan dengan perlakuan lain. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan tanpa cekaman Cu pada varietas Semi memiliki rentan perbedaan tinggi tanaman yang jauh dibandingkan perlakuan lain.

Tabel 4.2. Rata-rata Tinggi Tanaman Tiga Varietas Mentimun Terhadap Cekaman Cu

Varietas	Konsentrasi	Rata-rata (cm) \pm SE
Semi	0	174,5 \pm 0,87 _a
	30	124,8 \pm 2,50 _b
	70	120,0 \pm 1,59 _{bc}
	120	99,8 \pm 2,05 _{bcde}
Natanz	0	117,3 \pm 0,98 _{bcd}
	30	86,0 \pm 1,59 _{defg}
	70	79,5 \pm 1,49 _{efg}
	120	76,8 \pm 1,53 _{efg}
Citra	0	87,8 \pm 1,06 _{efg}
	30	63,5 \pm 1,37 _{fg}
	70	59,3 \pm 1,61 _{fg}
	120	54,7 \pm 1,36 _{fg}

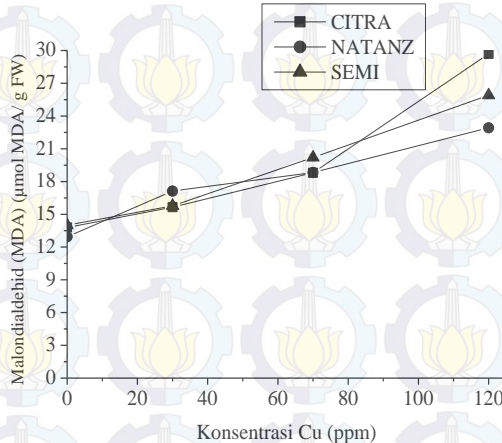
Keterangan : Nilai rata-rata diperoleh dari 2 ulangan. Angka dibelakang tanda \pm merupakan Standard Error (SE) yang diikuti dengan notifikasi huruf yang berbeda menunjukkan beda signifikan ($p < 0,05$).

Peningkatan konsentrasi cekaman logam Cu (0, 30, 70 dan 120 ppm) diikuti dengan penurunan tinggi tanaman disetiap varietas mentimun. Diantara variasi konsentrasi cekaman Cu yang berbeda, pemberian cekaman Cu pada konsentrasi 120 ppm memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap tinggi tanaman. Varietas Natanz mengalami penurunan sebesar 34,51% (76,8 cm), varietas Semi mengalami penurunan 42,78% (99,8 cm) dan varietas Citra mengalami penurunan 37,76% (54,7 cm) apabila dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian Cu.

Meskipun demikian varietas Semi merupakan varietas yang mengalami penurunan tertinggi dibandingkan dua varietas lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa varietas Semi merupakan varietas yang lebih sensitif terhadap cekaman Cu dibandingkan dengan varietas Citra dan Natanz.

4.3 Respon Peroksidasi Lipid Terhadap Cekaman Cu

MDA atau malondialdehida merupakan senyawa hasil peroksidasi lipid yang biasanya digunakan sebagai indikator adanya kerusakan oksidatif (Meloni *et al.*, 2003). Peroksidasi lipid menyebabkan efek kerusakan pada membran sel (Wang, 2005). Peningkatan kandungan MDA mengindikasikan bahwa Cu menyebabkan kerusakan oksidatif dengan cara menstimulasi produksi senyawa ROS (Dietz *et al.*, 1999). Pada penelitian ini organ tanaman yang digunakan untuk mengukur kadar MDA adalah daun. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kerusakan akibat Cu pada bagian tumbuhan diatas tanah (tajuk).



Gambar 4.3 Grafik Kadar MDA ($\mu\text{mol/g}$) Tanaman Mentimun Terhadap Cekaman Cu

Berdasarkan hasil penelitian (gambar 4.3) menunjukkan bahwa cekaman logam Cu mempengaruhi kadar MDA tanaman mentimun. Semakin besar konsentrasi Cu yang diberikan maka semakin tinggi kadar MDA pada masing-masing varietas mentimun. Cekaman Cu dapat menyebabkan meningkatnya produksi H_2O_2 dan menginduksi adanya peroksidasi membran lipid (Jouili & Ferjani, 2003). Cekaman Cu dapat meningkatkan kandungan MDA pada daun dan akar (Cui *et al.*, 2006), sebagai elemen transisi yang berperan dalam reaksi redoks, Cu dapat mempercepat peningkatan produksi senyawa ROS seperti superoksida, hidrogen peroksida dan radikal hidroksil (Halliwell & Gutteridge, 1984). Peroksidasi lemak tak jenuh pada membran biologis merupakan gejala utama terhadap stress oksidatif pada hewan dan tanaman (Yamamoto *et al.*, 2001).

Tabel 4.3 menunjukkan adanya peningkatan rata-rata kadar MDA pada tiap varietas mentimun terhadap tingginya kadar Cu yang diberikan. Berdasarkan hasil uji *Anova-twoway* dengan taraf kepercayaan 95% dapat diketahui bahwa perbedaan varietas dan konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini tidak memberikan pengaruh terhadap kadar MDA tanaman mentimun dengan nilai *p.value* 0.900. Nilai *p. value* lebih dari nilai α (0.05) menunjukkan bahwa hipotesa H_0 diterima. Hal ini dikarenakan Cu sangat lambat mobilisasi ke bagian diatas tanah (Ducic & Polle, 2005). Meskipun demikian tingginya konsentrasi logam Cu yang diberikan berpengaruh terhadap peningkatan kadar MDA daun, dengan nilai *p. value* 0.002. Thounaojam *et al.* (2012) menyatakan bahwa Cu menginduksi peningkatan senyawa MDA yang lebih nampak pada bagian akar dibandingkan dengan tunas (bagian diatas tanah). Sedangkan pada tunas, MDA akan meningkat pada konsentrasi Cu yang sangat tinggi. Pada konsentrasi 120 ppm peningkatan kadar MDA daun semakin tinggi.

Tabel 4.3. Rata-rata Kadar MDA Tiga Varietas Mentimun Terhadap Cekaman Cu

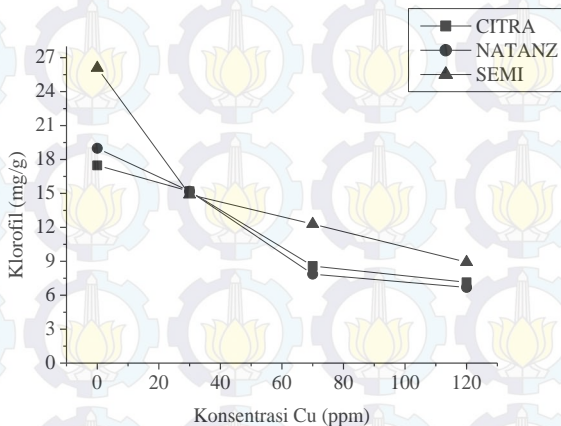
Varietas	Konsentrasi	Rata-rata (μmol MDA/gFW) \pm SE
Semi	0	$13,56 \pm 0,91_a$
	30	$15,77 \pm 0,26_a$
	70	$20,2 \pm 1,29_a$
	120	$25,9 \pm 2,21_a$
Natanz	0	$12,94 \pm 0,49_a$
	30	$17,12 \pm 1,22_a$
	70	$18,83 \pm 1,59_a$
	120	$22,92 \pm 1,06_a$
Citra	0	$13,79 \pm 1,09_a$
	30	$15,66 \pm 1,31_a$
	70	$18,8 \pm 1,78_a$
	120	$29,7 \pm 1,73_a$

Keterangan : Nilai rata-rata diperoleh dari 2 ulangan. Angka dibelakang tanda \pm merupakan Standard Error (SE) yang diikuti dengan notifikasi huruf yang sama menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan tidak berbeda signifikan ($p > 0.05$).

Peningkatan konsentrasi cekaman logam Cu (0, 30, 70 dan 120 ppm) diikuti dengan peningkatan kandungan MDA disetiap varietas mentimun. Diantara variasi konsentrasi cekaman Cu yang berbeda, pemberian cekaman Cu pada konsentrasi 120 ppm memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap kandungan MDA. Varietas Natanz mengalami peningkatan sebesar 43,56% ($22,92 \mu\text{mol/g}$), varietas Semi mengalami peningkatan 47,63% ($25,9 \mu\text{mol/g}$) dan varietas Citra mengalami peningkatan 53,56% ($29,7 \mu\text{mol/g}$) apabila dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian Cu. Hal tersebut sesuai dengan hasil uji *Tukey* yang menunjukkan bahwa konsentrasi yang semakin tinggi maka kandungan MDA pada daun akan semakin tinggi juga.

4.4 Respon Kandungan Klorofil Terhadap Cekaman Cu

Konsentrasi logam yang tinggi akan mengganggu proses metabolisme sel seperti fotosintesis. Struktur membran kloroplas dan tilakoid akan mengalami kerusakan akibat adanya cemaran logam berat, sehingga menurunkan daya sintesis pigmen klorofil (Krupa & Baszynski, 1995). Pada penelitian ini organ daun digunakan untuk menganalisis kandungan klorofil dengan *Spectrophotometer*. Ali *et al.* (2015) menyatakan bahwa cekaman Cu dapat menyebabkan daun mengalami klorosis.



Gambar 4.4 Grafik Kandungan Klorofil (mg/g) Tanaman Mentimun Terhadap Cekaman Cu

Berdasarkan hasil penelitian (gambar 4.4) menunjukkan bahwa cekaman logam Cu mempengaruhi kadar klorofil tanaman mentimun. Semakin besar konsentrasi Cu yang diberikan maka kadar klorofil semakin menurun pada setiap varietas mentimun. Kabata & Pendias (2001) menyatakan bahwa menurunnya aktifitas fotosintetik berhubungan dengan menurunnya kadar klorofil dan kerusakan struktural pada organ fotosintesis.

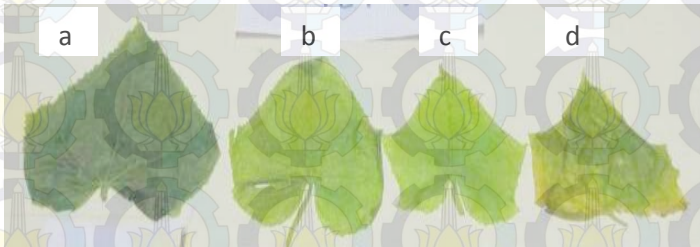
Tabel 4.4 menunjukkan adanya penurunan rata-rata kandungan klorofil tiap varietas mentimun terhadap tingginya konsentrasi Cu yang diberikan. Berdasarkan hasil uji *Anova-twoway* dengan taraf kepercayaan 95% dapat diketahui bahwa perbedaan varietas dan konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini memberikan pengaruh terhadap kandungan klorofil mentimun dengan nilai *p.value* 0.000. Nilai *p. value* kurang dari nilai α (0.05) menunjukkan bahwa hipotesa H_0 ditolak. Hasil uji anova tersebut dilanjutkan dengan uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa perbedaan varietas dan konsentrasi berpengaruh secara nyata pada kandungan klorofil ketiga varietas mentimun tersebut. Varietas Semi merupakan varietas yang lebih sensitif terhadap cekaman Cu pada konsentrasi 120 ppm dibandingkan dengan varietas Semi dan Citra.

Tabel 4.4. Rata-rata Kandungan Klorofil Tiga Varietas Mentimun Terhadap Cekaman Cu

Varietas	Konsentrasi	Rata-rata (mg/g) \pm SE
Semi	0	$26,1 \pm 2,31$ _a
	30	$14,9 \pm 0,2$ _{ab}
	70	$12,3 \pm 1,0$ _{ab}
	120	$8,9 \pm 1,0$ _b
Natanz	0	$19,0 \pm 1,35$ _{ab}
	30	$15,2 \pm 0,56$ _{ab}
	70	$7,9 \pm 0,32$ _b
	120	$6,7 \pm 0,42$ _b
Citra	0	$17,5 \pm 0,98$ _{ab}
	30	$12,4 \pm 0,56$ _{ab}
	70	$8,6 \pm 0,70$ _b
	120	$7,1 \pm 1,01$ _b

Keterangan : Nilai rata-rata diperoleh dari 2 ulangan. Angka dibelakang tanda \pm merupakan Standard Error (SE) yang diikuti dengan notifikasi huruf yang berbeda menunjukkan beda signifikan ($p < 0,05$).

Peningkatan konsentrasi cekaman logam Cu (0, 30, 70 dan 120 ppm) diikuti dengan penurunan kandungan klorofil disetiap varietas mentimun. Diantara variasi konsentrasi cekaman Cu yang berbeda, pemberian cekaman Cu pada konsentrasi 120 ppm memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap kandungan klorofil apabila dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian Cu. Varietas Semi mengalami penurunan kandungan klorofil yang signifikan yaitu sebesar 65,79% (8,9 mg/g) dibandingkan varietas Natanz dan Citra yang mengalami penurunan sebesar 64,77% (6,7 mg/g) dan 59,14% (7,1 mg/g). Hal ini menunjukkan kembali bahwa varietas Semi lebih sensitif terhadap adanya cekaman Cu dibandingkan dengan Citra dan Natanz.



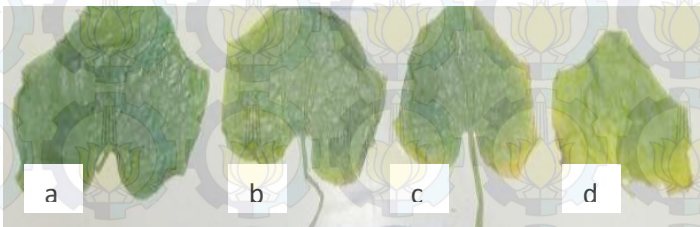
Gambar 4.5 Perbedaan Warna Daun Tanaman Mentimun Varietas SEMI F1 var. CU 699. Keterangan : (a) 0 ppm, (b) 30 ppm, (c) 70 ppm dan (d) 120 ppm.

Gambar 4.5 menunjukkan penurunan gradasi warna daun dari hijau tua-hijau muda-kekuningan akibat semakin tingginya konsentrasi logam Cu. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan klorofil pada varietas Semi mengalami penurunan yang signifikan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Vassilev *et al.* (2002) toksisitas Cu menginduksi klorosis daun melalui degradasi komponen fotosintetik.



Gambar 4.6 Perbedaan Warna Daun Tanaman Mentimun Varietas NATANZ F1 var. CU 531. Keterangan : (a) 0 ppm, (b) 30 ppm, (c) 70 ppm dan (d) 120 ppm.

Gambar 4.6 menunjukkan perbedaan warna daun sebagai indikasi adanya penurunan kandungan klorofil akibat cekaman Cu. Daun yang tidak tercekam oleh Cu (0 ppm) berwarna hijau tua. Sedangkan pada konsentrasi 120 ppm daun mengalami gejala kekuningan atau klorosis. Mallick & Mohn (2003) menyatakan bahwa efek langsung kelebihan Cu terdapat pada rantai transport elektron fotosintetik. Gangguan ini berkaitan dengan peroksidasi lipid pada membran tilakoid yang mempengaruhi reaksi cahaya, khususnya yang berhubungan dengan fotosistem II (Perales *et al.*, 2007). Akibat adanya gangguan tersebut, daun akan mengalami penurunan sintesis klorofil dan menjadi kuning.



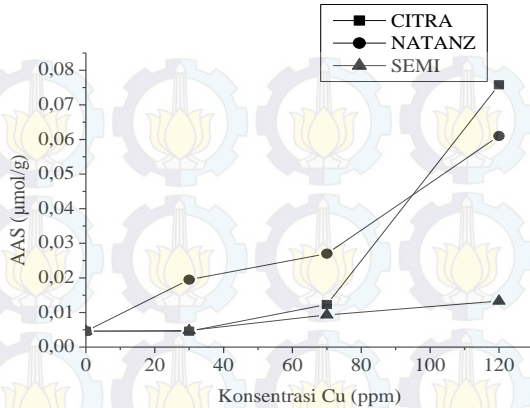
Gambar 4.7 Perbedaan Warna Daun Tanaman Mentimun Varietas CITRA BABY F1. Keterangan : (a) 0 ppm, (b) 30 ppm, (c) 70 ppm dan (d) 120 ppm.

Gambar 4.7 menunjukkan perbedaan warna daun mentimun varietas Citra yang mengalami penurunan kandungan klorofil ketika konsentrasi logam Cu yang diberikan semakin tinggi. Daun mengalami kekuningan pada konsentrasi 120 ppm. Gejala menguningnya daun ini disebut dengan klorosis. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Ali *et al.* (2015) cekaman Cu dapat menyebabkan daun mengalami klorosis.

Organisme fotosintetik sangat sensitif terhadap adanya ion logam berat. Efek ion logam berat pada tanaman tingkat tinggi menyebabkan kerusakan fungsi fisiologis oleh gugus protein sulfhidril (ROS) dan substitusi ion-ion esensial (Meharg, 1994). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Alaoui *et al.* (2004) pada tanaman mentimun, cemaran Cu (± 20 mg/kg) dapat merubah distribusi mineral seperti Ca, K, Fe dan Mg pada akar dan tunas tanaman. Konsentrasi K, Ca, Mg dan Fe menurun pada jaringan tanaman ketika konsentrasi Cu meningkat (Kopittke & Menzies, 2006). Menurut Salisbury *et al.* (1995) penyerapan tembaga berlawanan dengan penyerapan zat mineral seperti Fe. Fungsi Fe antara lain sebagai penyusun klorofil, protein dan enzim. Jumlah tembaga yang terlalu besar dalam tanaman menyebabkan defisiensi Fe sehingga terjadi gejala klorosis.

4.5 Kandungan Logam Cu pada Akar Mentimun

Akumulasi Cu terlihat tinggi di akar, hal ini dikarenakan akar langsung bersinggungan dengan media tanah yang terkontaminasi Cu, melalui akar Cu diserap oleh tanaman kemudian didistribusikan ke bagian tanaman lain melalui jaringan xylem. Xu *et al.* (2006) menyatakan bahwa akar lebih sensitif terhadap kelebihan Cu dibandingkan bagian lainnya. Pada penelitian ini penghitungan kandungan logam Cu yang terserap oleh akar mentimun dihitung dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*).



Gambar 4.8 Grafik Kandungan Cu ($\mu\text{mol/g}$) yang Terserap oleh Tanaman Mentimun

Berdasarkan hasil penelitian (gambar 4.8) menunjukkan bahwa cekaman logam Cu mempengaruhi kadar Cu yang terserap oleh akar tanaman mentimun. Semakin besar konsentrasi Cu yang diberikan maka semakin tinggi kadar Cu yang terserap pada masing-masing varietas mentimun. Guan *et al.* (2011) menyatakan bahwa Cu sangat lambat pergerakannya dalam tanaman, sehingga konsentrasi Cu tertinggi terdapat pada akar dibandingkan dengan bagian tanaman yang lain.

Tabel 4.5 menunjukkan adanya peningkatan rata-rata kadar Cu yang terserap oleh tanaman mentimun terhadap tingginya kadar Cu yang diberikan. Berdasarkan hasil uji *Anova-twoway* dengan taraf kepercayaan 95% dapat diketahui bahwa perbedaan varietas dan konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini tidak memberikan pengaruh terhadap kadar Cu yang terserap oleh tanaman mentimun dengan nilai *p.value* 0.722. Nilai *p. value* lebih dari nilai α (0.05) menunjukkan bahwa hipotesa H_0 diterima

Tabel 4.5. Rata-rata Kandungan Cu yang Terserap oleh Tiga Varietas Mentimun

Varietas	Konsentrasi	Rata-rata ($\mu\text{mol/g DW}$) \pm SE
Semi	0	$0,0046 \pm 0_a$
	30	$0,0048 \pm 0,01_a$
	70	$0,0093 \pm 0,05_a$
	120	$0,0133 \pm 0,07_a$
Natanz	0	$0,0046 \pm 0_a$
	30	$0,0195 \pm 0,03_a$
	70	$0,027 \pm 0,03_a$
	120	$0,061 \pm 0,16_a$
Citra	0	$0,0046 \pm 0_a$
	30	$0,0046 \pm 0_a$
	70	$0,0123 \pm 0,07_a$
	120	$0,0758 \pm 0,22_a$

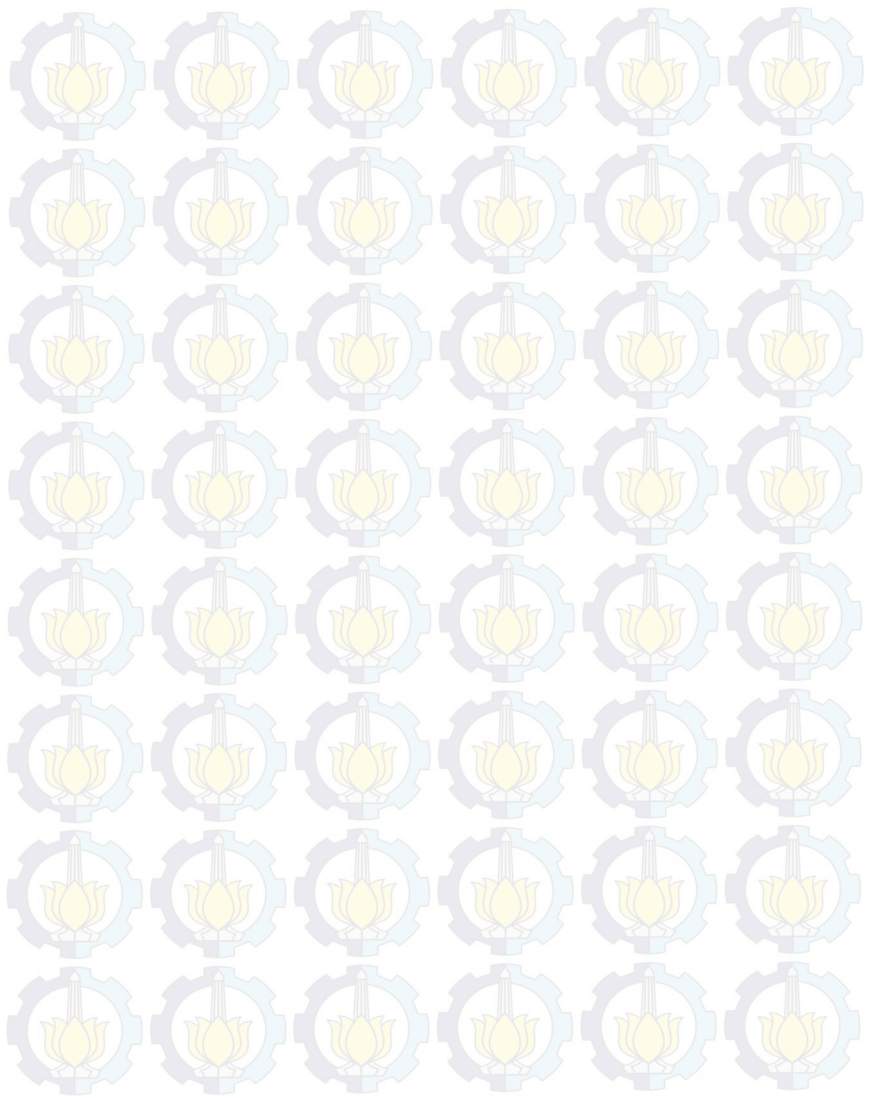
Keterangan : Nilai rata-rata diperoleh dari 2 ulangan. Angka dibelakang tanda \pm merupakan Standard Error (SE) yang diikuti dengan notifikasi huruf yang sama menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan tidak berbeda signifikan ($p > 0.05$)

Efek toksisitas pada tanaman akan semakin tinggi ketika konsentrasi logam Cu yang ada pada tanah tinggi. Cu yang ada pada tanah kemudian akan diserap oleh tanaman melalui akar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Cu yang terserap oleh akar masing-masing varietas mentimun mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi logam Cu (0, 30, 70 dan 120 ppm). Diantara variasi konsentrasi cekaman Cu yang berbeda, pemberian cekaman Cu pada konsentrasi 120 ppm memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap kandungan Cu di akar. Varietas Natanz mengalami peningkatan sebesar 13,26% ($0,061 \mu\text{mol/g}$), varietas Semi mengalami peningkatan 2,81% ($0,0133 \mu\text{mol/g}$) dan varietas Citra mengalami peningkatan 16,47% ($0,0758 \mu\text{mol/g}$) apabila dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian Cu, meskipun demikian varietas Citra merupakan varietas yang menyimpan kandungan

Cu lebih tinggi dibandingkan dengan dua varietas lainnya. Semakin tinggi konsentrasi logam yang tersimpan pada tanaman maka stress oksidatif pada tanaman tersebut akan semakin tinggi pula. Hal inilah yang mempengaruhi penurunan panjang akar tertinggi pada varietas Citra. Marschner (1995) Cu akan terakumulasi pada jaringan akar, sehingga mempengaruhi pertumbuhan akar.

Penyerapan logam dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi, muatan ion dan ada tidaknya transporter dalam sel (Manara, 2012). Penyerapan mineral penting terganggu karena kandungan Cu yang berlebihan memicu perebutan protein pengikat mineral lain yang dibutuhkan tanaman, sehingga penyerapannya menurun. Selain itu, Cu menurunkan permeabilitas membran plasma dan rusaknya dinding sel (Fry *et al.*, 2002). Hal tersebut menurunkan daya filter sel terhadap penyerapan Cu, sehingga Cu mudah diserap sel. Penyerapan dilakukan secara simplas dan apoplas sehingga banyak ditemukan akumulasi Cu pada jaringan pengangkut dan silinder pusat (Lequex *et al.*, 2010). Didalam sel akumulasi Cu menyebabkan penurunan kadar mineral penting seperti Ca, K, P dan Mn. Mineral-mineral tersebut berperan dalam aktivitas enzimatik dan pembentukan energi dalam sel, berkurangnya ATP akibat menurunnya Ca mengganggu dan memperlambat pembelahan (Jiang *et al.*, 2001).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

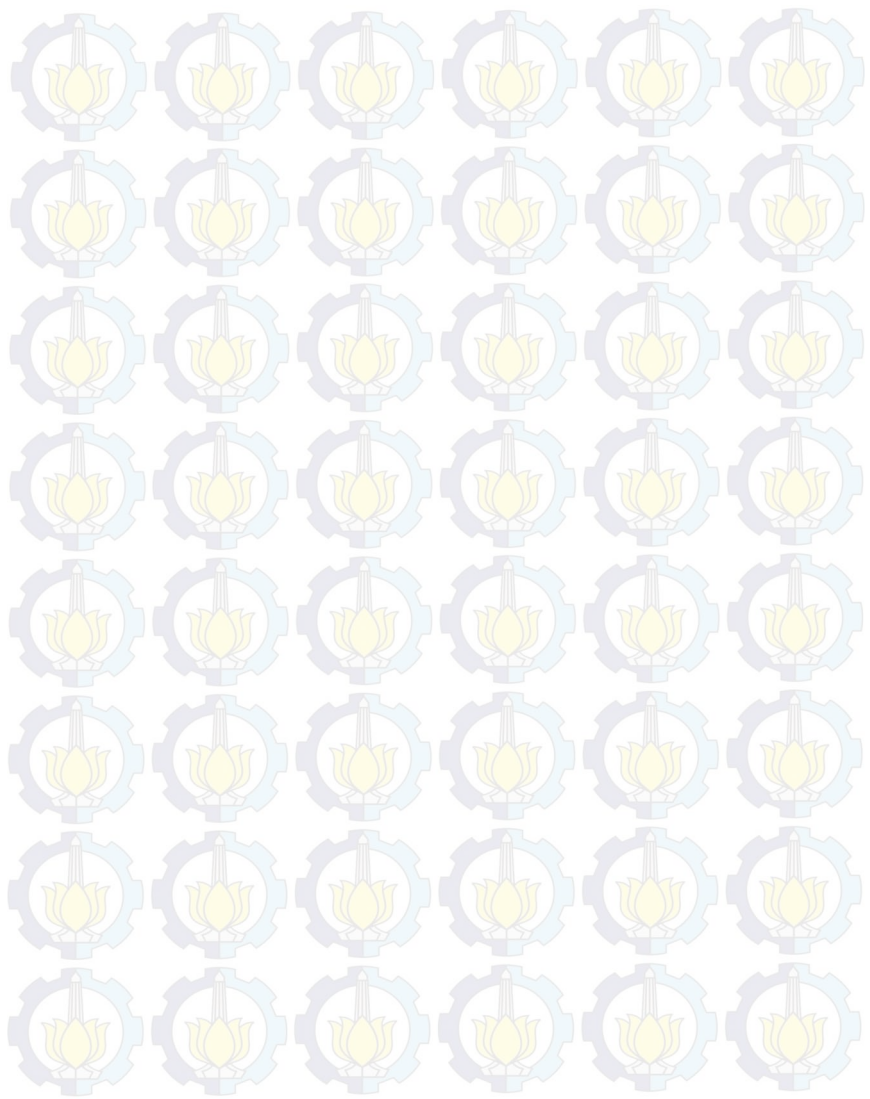
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Perbedaan varietas dan konsentrasi Cu berpengaruh signifikan terhadap penurunan panjang akar. Varietas Citra pada konsentrasi 120 ppm mengalami penurunan signifikan hingga 50,36% (22,7 cm).
2. Perbedaan varietas dan konsentrasi Cu berpengaruh signifikan terhadap penurunan tinggi tanaman. Varietas Semi pada konsentrasi 120 ppm mengalami penurunan signifikan hingga 42,78% (99,8 cm).
3. Perbedaan varietas dan konsentrasi Cu tidak berpengaruh signifikan terhadap kandungan MDA.
4. Perbedaan varietas dan konsentrasi Cu berpengaruh signifikan terhadap penurunan kandungan klorofil. Varietas Semi pada konsentrasi 120 ppm mengalami penurunan signifikan hingga 65,79% (8,9 mg/g).
5. Perbedaan varietas dan konsentrasi Cu tidak berpengaruh signifikan terhadap kandungan Cu pada akar.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya mengenai respon tanaman terhadap cekaman Cu yaitu melakukan uji viabilitas sel dan uji aktifitas antioksidan sebagai mekanisme pertahanan tumbuhan terhadap adanya cekaman.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR PUSTAKA

Agarwal, K., Sharma, A., dan Talukder, G. 1987: Copper toxicity in plant cellular systems. **Nucleus**. 30:131-158.

Alaoui, S.B., Genet, P., Vinit-Dunand, F., Toussaint, M.L., Epron, D., dan Badot, P.M. 2004. Effect of copper on growth in cucumber plants (*Cucumis sativus*) and its relationships with carbohydrate accumulation and changes in ion contents. **Plant Science** 166:1213-1218.

Ali, S., Shahbaz, M., Shahzad, A.N., Fatima, A., Khan, H.A.A., Anees, M., dan Haider, M.S. 2015. Impact of copper toxicity on stone-head cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata) in hydroponics. **Journal of Agricultural Sciences**.

Alloway, B.J. 1995. **Cadmium In Heavy Metals in Soils 2nd Ed B.J.Alloway ed**. New York: Blackie. pp.122 –151.

Alvarez, R.R., Cristina, O.V., dan Ana, A.F. 2006. Stress Responses of *Zea mays* to Cadmium and Mercury. **Journal of Plant and Soil** 279:41-50.

Andrade, S.A.L., Gratão, P.L., Azevedo, R.A., Silveira, A.P.D., Schiavinato, M.A., dan Mazzafera, P. 2010. Biochemical and physiological changes in jack bean under mycorrhizal symbiosis growing in soil with increasing Cu concentrations. **Environ. Experimntal Botany**. 68: 198-207.

Apryanto, A. 2002. Pengaruh Pengolahan Nilai Gizi. **Makalah Seminar Online Kharisma ke 2**. <<http://www.kharisma.de/>> [30 Januari 2015].

Arduini, I., Godbold, D.L., dan Onnis, A. 1995. Influence of copper on root growth and morphology of *Pinus pinea* L. and *Pinus pinaster* Ait. Seedlings. **Tree Physiology** 15: 411-415.

Astawan, M. 2005. Awas Koran Bekas. **Kompas cyber media**. <<http://www.kompas.com>> [2 Januari 2015].

Basu, A., Rajib, R., Subhendu, S., Bhattacharyya., dan Jagatpati, T. 2012. Estimation of major heavy metals (Fe, Cu and Zn) in the fruit part of *Cucumis sativus* L. **Journal of Science and Technology** 2(7):01-03.

Benimali, C.S., Medina, A., Navarro, C.M., Medina, R.B., Amoroso, M.J., dan Gomez, M.I. 2010. Bioaccumulation of copper by *Zea mays*: impact on root, shoot and leaf growth. **Water Air Soil Pollut** 210:365-370.

Buege, J.A., dan Aust, S.D. 1978. Microsomal lipid peroxidation. **Methods Enzymology**. 52, 302–310.

Campbell, at al. 2003. **Biologi Jilid 2**. Jakarta: Erlangga.

CDPR. 2009. **PUR, Pesticide Use Reporting Database**. <<http://www.cdpr.ca.gov/>> [12 Desember 2014].

Charlena. 2004. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Sayur-sayuran. **Falsafah Sains**. Bogor: Program Pascasarjana S3 IPB.

Cherubini, A., Ruggiero, C., Polidori, M.C., dan Mecocci, P. 2005. Potensial marker of oxidative stress in stroke. **Free Radic Biol Med**.

Chiroma, T.M., Hymore, F.K., dan Ebawele, R.O. 2003. Heavy Metal Contamination of and Soils Irrigated with Sewage Water in Yola. **NJERD**, 2(3): 25 – 31.

Clemente, R., Paredes, C., dan Bernal, M.P. 2007. A field experiment investigating the effect of olive husk and cow manure on heavy metal availability in a contaminated calcareous soil from Murcia (Spain). **Agric. Ecosyst. Environ.** 118:319-326.

Cui, X.M., Zhang, Y.K., Wu, X.B., dan Liu, C.S. 2010. The investigation of the alleviated effect of copper toxicity by exogenous nitric oxide in tomato plants. **Plant Soil Environ** 6: 274-281.

Darmono. 1995. **Logam Berat dalam Sistem Biologi**. Jakarta: UI Press.

Demirevska, K.K., Simova, S.L., Stoyanova, Z., Holzer, R., dan Feller, U. 2004. Biochemical changes in barley plants after excessive supply of copper and manganese. **Journal Environmental and Experimental Botany** 52:253–266.

Dietz, K.J., Bair, M., dan Kramer, U. 1999. Free radicals and reactive oxygen species as mediators of heavy metals toxicity in plants. **Journal of Heavy Metal Stress in Plants from Molecules to Ecosystems**, 73-97. Springer-Verlag, Berlin.

Dresler, S., Hanaka, A., Bednarek, W., dan Maksymiec, W. 2014. Accumulation of low-molecular-weight organic acids in roots and leaf segments of *Zea mays* plants treated with cadmium and copper. **Acta Physiol Plant** 36:1565–1575.

Fallah, A.F. 2006. **Perspektif Pertanian dalam Lingkungan yang Terkontrol**. <<http://io.ppi.jepang.org>> [1 Januari 2015].

Fariduddin, Q., Yusuf, M., Hayat, S., dan Ahmad, A. 2009. Effect of 28-homobrassinolide on antioxidant capacity and photosynthesis in *Brassica juncea* plants exposed to different levels of copper. **Environ. Exp. Bot.** 66: 418-424.

Federer, W.T. 1977. **Experimaental design theory and application 3rd edition**. New delhi Bombay Calcuta: Oxford and IBH Publishing Co.

Fitter. 1982. **Fisiologi Lingkungan Tanaman**. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Fry, S.C., Miller, J.C., dan Dumville, J.C. 2002. A proposed role for copper ions in cell wall loosening. **Plant Soil** 247: 57–67.

Hall, J.L. 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. **J. Exp.Bot.** 53, 1–11.

Hidayat. 2002. **Cekaman Pada Tumbuhan**. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara Press.

Hiscox, J.D., dan Israelstam, G.F. 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal Botany** 57(12) pp 1332-1334.

HSDB (Hazardous Substances Data Bank). 2008. **U.S. National Library of Medicine**. <<http://toxnet.nlm.nih.gov>> [12 Desember 2014].

ITIS (Interagency Taxonomic Information System). 2011. **Cucumis sativus L. Taxonomic Serial No.: 22364**. <<http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt>> [09 Pebruari 2015].

Iseri. O.D., Korpe. D.A., Yurtcu, E., Sahin, F.I., dan Haberal, M. 2011. Copper induced oxidative stress damage, antioxidant response and genotoxicity ini *Lycopersicum esculentum* Mill. And *Cucumis sativus* L. **Plant Cell** 30:1713-1721.

Jiang, W., Liu, D., dan Liu, X. 2001. Effects of copper on root growth, cell division and nucleolus of *zea mays*. **Biol Plant** 44:105-109.

Jouili, H., dan Ferjani, E.E. 2003. Changes in antioxidant and lignifying enzyme activities in sunflower roots (*Helianthus annuus* L.) stressed with copper excess. **Comptes Rendus Biologies**, 326: 639–644.

Kabata, P.A., dan Pendias, H. 1992. **Trace elements in soils and plants** 2nd ed. Boca Raton. CRC Press.

Kamaruzzaman, B.Y., Ong, M.C., Jalal, K.C.A., Shahbudin, S., dan Nor, O.M. 2008. **Accumulation of Lead and Copper in Rhizophora apiculata from Setiu Mangrove Forest**. Terengganu: Malaysia Press.

Krupa, Z., dan Baszynski, T. 1995. Some aspects of heavy metals toxicity towards photosynthetic apparatus – direct and indirect effects on light and dark reactions: a review. **Acta Physiol. Plantarum**, 17, 177-190.

Lanaras, T., Moustakas, M., Symeonidis, L., Diamantoglou, S., dan Karataglis, S. 1993. Plant metal content, growth responses and some photosynthetic measurements on field-cultivated wheat growing on ore bodies enriched in Cu. **Physiol. Plant.**, 88, 307-314.

Lequeux, H., Hermans, C., Lutts, S., dan Verbruggen, N. 2010. Response to copper excess in *Arabidopsis thaliana*: Impact on the root system architecture, hormone distribution, lignin accumulation and mineral profile. **Plant Physiol Biochemistry** 48: 673-682.

Lijin, L., Ming'an, L., dan Luoyin, M. 2012. Review of Cucumber under Cadmium stress. **Advances in Biomedical Engineering**, Vol.6.

Lina, K., dan Nan, S. 2011. Pesticidal copper (I) oxide: environmental fate and aquatic toxicity. **Reviews of environmental contamination and toxixology**. 213. Springer.

Lukatkin, A.S. 2002. Contribution of oxidative stress to the development of cold-induced damage to leaves of chilling-sensitive plants. 1. Reactive oxygen species formation during plant chilling. Russ. **J. Plant Physiol**. 49: 622-627.

Macfarlane, G.R., dan Burchett, M.D. 2001. Photosynthetic pigments and peroxidase activity as indicators of heavy metal stress in the Grey Mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Veirh. **Journal of Marine Pollution Bull** 42: 233-240.

MacFarlane, G.R., dan Burchett, M.D. 2002. Toxicity, growth and accumulation relationships of copper, lead and zinc in the Grey Mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Veirh. **Marine Environ-mental Research**, 54: 65–84.

MacFarlane, G.R., Pulkownik, dan M.D., Burchett. 2003. Accumulation and Distribution of Heavy Metals in grey Mangrove, *Avicennia marina* (Forsk) Vierh: Biological indication potential. **Environmental Pollution**, 123: 139-151.

Mallick, N., dan Mohn, F.H. 2003. Use of chlorophyll fluorescence in metal-stress research: a case study with the green microalga *Scenedesmus*. **Ecotoxicol Environ Saf** 55: 64-69.

Manara, A. 2012. Plants responses in heavy metal toxicity. Springer Briefs in **Journal of Biometals**: 27-53.

Maneva, S., Bogatzevska, N., dan Miteva, E. 2009. Excess copper in soil as a factor affecting bacterial spots caused by *Xanthomonas vesicatoria* in tomato plants; bio-interaction between two stress factors and their influence on plants. **Acta Physiol. Plant**. 31: 125-131.

Marschner, H. 1995. **Mineral nutrition of higher plants**. London : Academic Press.

Meharg, A.A. 1994. Integrated tolerance mechanism: constitutive and adaptive plant responses to elevated metal concentrations in the environment. **Plant Cell Env** 17:989-993.

Meloni, D.A., Oliva, M.A., Martinez, C.A., dan Cambraia, J. 2003. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. **Journal of Environmental and Experimental Botany**, 49: 69-76.

Mullineaux, P.M., dan Baker ,N.R. 2011. Oxidative stress : antagonistic signaling for acclimation or cell death. **Plant Physiol**. 154,521–525.

Olson, P.D., dan Varner, J.E. 1993. Hydrogen peroxide and lignification. **Plant J**. 4, 887–892.

Parida, B.K., Chhibba, I.M., dan Nayyar, V.K. 2003. Influence of nickel contaminated soils on fenugreek (*Trigonella cornicula* L.) growth and mineral composition. **Journal of science and horticulture** 98:113-119.

Perales, V.H.V., Gonzales, M.S., Monteshorcasitas, C., dan Canizares, V.R.O. 2007. Growth, photosynthetic and respiratory responses to sublethal copper concentrations in *Scenedesmus incrassatulus*(Chlorophyceae). **Chemosphere** 67: 2274-2281.

Quiroga, M., Guerrero, C., Botella, M.A., Barcelo', A., Amaya, I., Medina, M., Alonso, F.J., Forchetti, S.M., Tigier, H., dan Valpuesta, V. 2000. A Tomato Peroxidase Involved in the synthesis of lignin and suberin. **Plant Physiol** 122: 1119–1127.

Rush, J.W.E., Denniss, S.G., dan Graham, D.A. 2005. Vascular Nitric Oxide and Oxidative Stress: Determinants of Endothelial Adaptations to Cardiovascular Disease and to Physical Activity. **Can J Appl Physiol** 30(4): 442-474.

Salisbury, Frank B., dan Ross, Cleon W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. Bandung: ITB.

Samadi, B. 2002. **Teknik Budidaya Mentimun Hibrida**. Yogyakarta: Kanisius.

Schützendübel, A., dan Polle ,A. 2002. Plant responses to abiotic stresses: heavymetal- induced oxidative stress and protection by myccorhization. **J. Exp. Bot.** 53, 1351–1365.

Shaw, B., Prasad, M.V., Jha, V.K., dan Sahu, B.B. 2006. **Detoxification/defense mechanisms in metalexposed plants. In: Trace elements in environment, biogeochemistry, biotechnology, and bioremediation.** M.N.V. Prasad, K.S. Saiwan and R. Naidu (eds). France: CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, pp. 291-324.

Singh, O.V., Labana, S., Pandey, G., Budhiraja, R., dan Jain, R.K. 2003. Phytoremediation: An overview of Metallicion Decontamination from soil. **Applied Microbiology and Biotechnology** 61: 405-412.

Siswonoto, S. Hubungan Kadar Malondialdehid Plasma dengan Keluaran Klinis Stroke Iskemik Akut. 2008. **Tesis.** Semarang: Program Pasca Sarjana Magister Ilmu Biomedik Dan Program Pendidikan Dokter Spesialis I Universitas Diponegoro.

Shao, H. B., Chu, L. Y., Ruan, C. J., Li, H., Guo, D. G., dan Li, W. X. 2010. Understanding molecular mechanisms for improving phytoremediation of heavy metal-contaminated soils. **Crit. Rev. Biotechnology.** 30, 23–30.

Suryohudoyo, P. 2000. **Kapita Selektta Ilmu Kedokteran Molekuler.** Perpustakaan Nasional RI Jakarta: Penerbit CV Sagung Seto.

Suwandi, T. 2012. Pemberian Ekstrak Kelopak Bunga Rosela Menurunkan Malondialdehid pada Tikus yang Diberi Minyak Jelantah. **Tesis.** Denpasar: Program Pascasarjana Universitas Udayana.

Taiz, L., dan Zeiger, E. 2010. **Plant Physiology.** Sunderland: Sinauer Associates Inc.

Timothy, M.C., Bala, I.A., dan Haruna, M.K. 2007. The Impact of Pesticide application on heavy metal (Cd, Pb and Cu) levels in spinach. **Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies**. P. 117-122.

Teisseire, H., dan Guy, V. 2000. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*lemna minor*). **Plant science** 153:65-72.

Underwood, E.J. 1977. **Trace Elements in Human and Animal Nutrition**. 4th ed. New York: Academic Press.

Van den bos, A. 2004. *Cucumis sativus* (Cucumber). <www.botanypictures.com> [12 Pebruari 2015].

Van Steenis, C. G. G. J., den Hoed, D., Bloembergen, S., dan Eyma, P. J. 2006. **Flora untuk Sekolah di Indonesia**. Jakarta: Pradnya Paramita.

Vassilev, A.F., Lindon, C., Matos, M.D., Ramalho, J.C., dan Yordanor, I. 2002. Photosynthetic performance and content of some nutrients in cadmium and copper-treated barley plants. **Journal of Plant Nutrition**, 25:2343-2360.

Wann, F.B. 1930. **Chlorosis Yellowing of Plants: Cause and Control**. Utah: UAES Circulars.

Wang, L., Zhao, J.Y., Wu, S.M., Pan, J.L., Huang, Z.B., dan Wu, Z.K. 2011. Nostatistic correlation between superoxide dismutase and peroxidase activities and aluminum-induced lipid peroxidation in maize ,implying limited roles of both enzymes in prevention against aluminum-induced lipid peroxidation. **America Journal of Plant Science**. 2, 156–164.

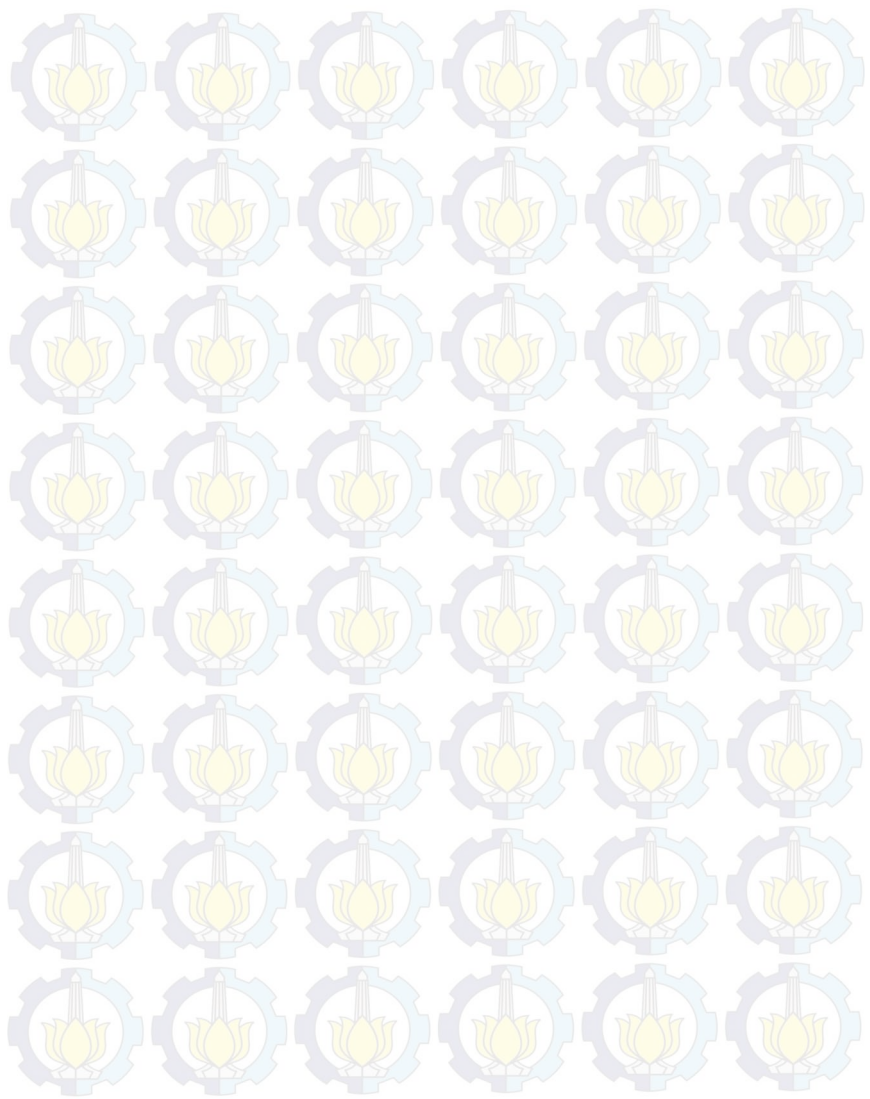
WHO in collaboration with United Nations Environment. 1990. **Public Health impact of pesticides Used in agriculture**. Geneva: WHO Press.

Wuana, R.A., dan Okieimen, F.E. 2011. Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. **ISRN Ecol**, 10.5402/2011.

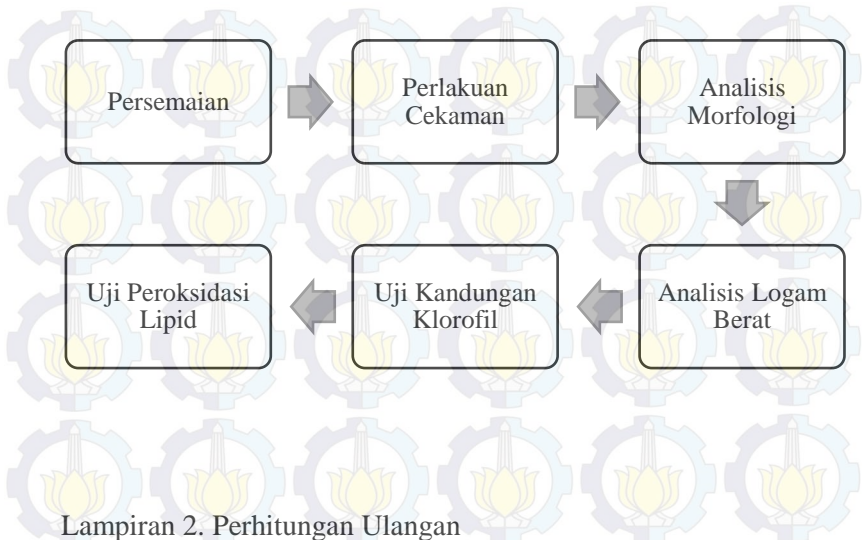
Xu, J., Yang L., Wang Z., Dong G., Huang J., dan Wang, Y. 2006. Toxicity of copper on rice growth and accumulation of copper in rice grain in copper contaminated soil. **Chemosphere** 62:635-646.

Yang, L., dan Watts, D.J. 2005. Particle surface characteristics may play an important role in phytotoxicity of alumina nanoparticles. **Journal of Toxicol.** Let. 158: 122-132.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Lampiran 1. Skema Kerja



Lampiran 2. Perhitungan Ulangan

$$(t-1) \times (n-1) \geq 15$$

$$(12-1) \times (n-1) \geq 15$$

$$11n-11 \geq 15$$

$$11n \geq 26$$

$$n \geq 2,36$$

$$n = 2$$

Lampiran 3. Pengecambahan Biji Mentimun (*Cucumis sativus*)

Biji *Cucumis sativus* varietas NATANZ F1 var. CU 531, SEMI F1 var. CU 699 dan CITRA BABY F1

- Direndam selama ± 2 jam
- Dikecambahkan dalam wadah
- Disiram pagi/ sore hari
- Dipindahkan ke *polybag* yang berisi media tanam

Tanaman *Cucumis sativus* varietas NATANZ F1 var. CU 531, SEMI F1 var. CU 699 dan CITRA BABY F1

Lampiran 4. Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu)

Larutan CuCl_2

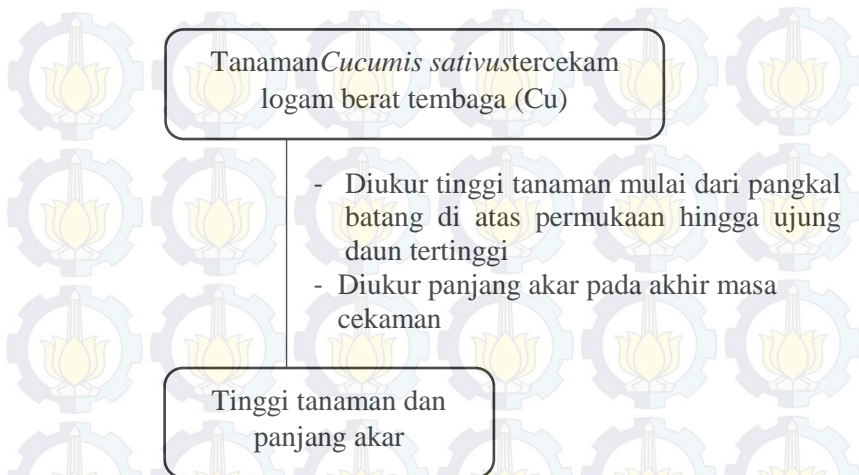
- Ditimbang serbuktembaga (II) klorida (CuCl_2) 30, 70 dan 120 mg
- Dilarutkan masing-masing dalam 1000 mL aquades
- Masing – masing konsentrasi volume 1000 ml

Larutan Cu konsentrasi 0, 30, 70, 120 ppm

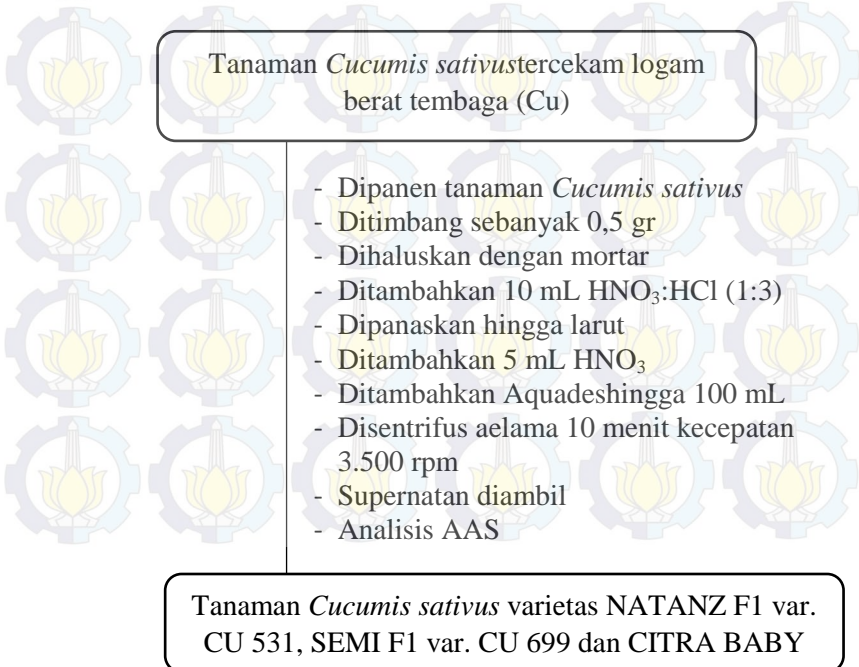
- Disiram 50 mL ke dalam media tanam

Tanaman (*Cucumis sativus*) tercekam logam berat tembaga (Cu)

Lampiran 5. Pengamatan Respon Morfologis



Lampiran 6. Analisa Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu)



Lampiran 7. Analisa Kandungan Malondialdehid (MDA)

Daun *Cucumis sativus*

- Dipanen daun *Cucumis sativus*
- Dipotong kecil-kecil
- Ditimbang 0,5 gr
- Ditambahkan reagen MDA 10 mL
- Dihomogenkan
- Diinkubasi pada suhu 90°C selama 30 menit
- Disentrifus dengan kecepatan 3500 rpm selama 20 menit
- Diambil supernatan
- Diukur dengan spektrofotometer λ 535 nm

Kandungan MDA

Lampiran 8. Analisa Kandungan Klorofil

Daun *Cucumis sativus*

- Dipanen daun *Cucumis sativus*
- Ditimbang sebanyak 0,3 gr
- Dihaluskan dengan mortar
- Ditambahkan aseton 85% 10 mL
- Disaring dengan kertas saring
- Diukur dengan spektrofotometer UV Visλ 663 nm dan 645 nm
- Dihitung dengan rumus

Kandungan klorofil total

Lampiran 9. Buah Tanaman Mentimun Varietas Semi, Natanz dan Citra



Lampiran 10. Hasil Uji Lanjutan Tukey Pada Panjang Akar

General Linear Model: Panjang Akar versus Varietas; Konsentrasi

Factor	Type	Levels	Values
Varietas	fixed	3	1; 2; 3
Konsentrasi	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for Panjang Akar, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Varietas	2	877,58	877,58	438,79	9,19	0,689
Konsentrasi	3	5093,17	5093,17	1697,72	35,54	0,000
Varietas*Konsentrasi	6	186,75	186,75	31,13	0,65	0,000
Error	60	2866,00	2866,00	47,77		
Total	71	9023,50				

S = 6,91134 R-Sq = 68,24% R-Sq(adj) = 62,42%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Varietas	Konsentrasi	N	Mean	Grouping
1	1	6	58,0	A
2	1	6	48,2	A B
3	1	6	45,7	A B C
1	2	6	39,7	B C D
1	3	6	38,3	B C D
3	2	6	37,0	B C D
2	2	6	36,8	B C D
1	4	6	32,7	C D E
2	3	6	31,8	D E
3	3	6	30,2	D E
2	4	6	28,0	D E
3	4	6	22,7	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 11. Hasil Uji Lanjutan Tukey Pada Tinggi Tanaman

General Linear Model: Tinggi Tanaman versus Varietas; Konsentrasi

Factor	Type	Levels	Values
Varietas	fixed	3	1; 2; 3
Konsentrasi	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for Tinggi Tanaman, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Varietas	2	49385,2	49385,2	24692,6	87,79	0,114
Konsentrasi	3	25272,0	25272,0	8424,0	29,95	0,000
Varietas*Konsentrasi	6	3041,3	3041,3	506,9	1,80	0,000
Error	60	16875,8	16875,8	281,3		
Total	71	94574,3				

S = 16,7709 R-Sq = 82,16% R-Sq(adj) = 78,88%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Varietas	Konsentrasi	N	Mean	Grouping
1	1	6	174,5	A
1	2	6	124,8	B
1	3	6	120,0	B C
2	1	6	117,3	B C D
1	4	6	99,8	B C D E
3	1	6	87,8	C D E F
2	2	6	86,0	D E F G
2	3	6	79,5	E F G
2	4	6	76,8	E F G
3	2	6	63,5	F G
3	3	6	59,3	F G
3	4	6	54,7	G

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 12. Hasil Uji Lanjutan Tukey Pada Kandungan MDA

General Linear Model: MDA versus Varietas; Konsentrasi

Factor	Type	Levels	Values
Varietas	fixed	3	1; 2; 3
Konsentrasi	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for MDA, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Varietas	2	9474141	9474141	4737070	0,23	0,798
Konsentrasi	3	541529636	541529636	180509879	8,78	0,002
Varietas*Konsentrasi	6	42589862	42589862	7098310	0,35	0,900
Error	12	246837525	246837525	20569794		
Total	23	840431165				

S = 4535,39 R-Sq = 70,63% R-Sq(adj) = 43,71%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Varietas	Konsentrasi	N	Mean	Grouping
3	4	2	29700,9	A
1	4	2	25908,1	A
2	4	2	22927,4	A
1	3	2	20203,0	A
2	3	2	18835,5	A
3	3	2	18803,4	A
2	2	2	17126,1	A
1	2	2	15779,9	A
3	2	2	15662,4	A
3	1	2	13792,7	A
1	1	2	13568,4	A
2	1	2	12948,7	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Konsentrasi	N	Mean	Grouping
4	6	26178,8	A
3	6	19280,6	A B
2	6	16189,5	B
1	6	13436,6	B

Lampiran 13. Hasil Uji Lanjutan Tukey Pada Kandungan Klorofil

General Linear Model: Klorofil Total versus Varietas; Konsentrasi

Factor	Type	Levels	Values
Varietas	fixed	3	1; 2; 3
Konsentrasi	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for Klorofil Total, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Varietas	2	77,83	77,83	38,92	3,17	0,724
Konsentrasi	3	624,41	624,41	208,14	16,96	0,028
Varietas*Konsentrasi	6	44,35	44,35	7,39	0,60	0,000
Error	12	147,24	147,24	12,27		
Total	23	893,82				

S = 3,50286 R-Sq = 83,53% R-Sq(adj) = 68,43%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Varietas	Konsentrasi	N	Mean	Grouping
1	1	2	26,1	A
2	1	2	19,0	A B
3	1	2	17,5	A B
2	2	2	15,2	A B
1	2	2	14,9	A B
3	2	2	12,4	A B
1	3	2	12,3	A B
1	4	2	8,9	B
3	3	2	8,6	B
2	3	2	7,9	B
3	4	2	7,1	B
2	4	2	6,7	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 14. Hasil Uji Lanjutan Tukey Pada Kandungan Cu Akar

General Linear Model: AAS versus Varietas; Konsentrasi

Factor	Type	Levels	Values
Varietas	fixed	3	1; 2; 3
Konsentrasi	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for AAS, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Varietas	2	0,005472	0,005472	0,002736	2,46	0,127
Konsentrasi	3	0,002967	0,002967	0,000989	0,89	0,475
Varietas*Konsentrasi	6	0,004046	0,004046	0,000674	0,61	0,722
Error	12	0,013354	0,013354	0,001113		
Total	23	0,025838				



S = 0,0333587 R-Sq = 48,32% R-Sq(adj) = 0,94%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Varietas	Konsentrasi	N	Mean	Grouping
3	4	2	0,1	A
3	3	2	0,1	A
2	4	2	0,0	A
2	1	2	0,0	A
3	2	2	0,0	A
3	1	2	0,0	A
2	3	2	0,0	A
1	4	2	0,0	A
1	2	2	0,0	A
1	3	2	0,0	A
2	2	2	0,0	A
1	1	2	0,0	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 15. Hasil Uji AAS

 Kementerian Perindustrian REPUBLIK INDONESIA		BADAN PENGKAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI BARISTAND INDUSTRI SURABAYA		 Komite Akreditasi Nasional LABORATORIUM PENGUJIAN LP-213-IDN
Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya (60244), Telp. (031) 8410054, (031) 7000034, Fax. (031) 8410480 http://surabaya.bpkimi.kemenperin.go.id/				
LAPORAN PENGUJIAN No. 2035/LHU/2/VI/2015				
No. Analisa Contoh Kode Diterima Tanggal Catatan Sampel	: P. 2802 s/d P. 2831 : Ekstrak Akar Cabe : 04 Juni 2015 : 100 ml ekstrak cair dalam wadah botol			
		Nama Pengirim : Alamat :	RISKA MAZIYAH Perumbes Blok T-84 ITS SURABAYA JAWA TIMUR	
No	No Analisa	Kode	Parameter Pb (mg/L)	Metode Uji
1	P. 2802	Bara 0 ppm 1	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
2	P. 2803	Bara 0 ppm 2	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
3	P. 2804	Bara 30 ppm 1	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
4	P. 2805	Bara 30 ppm 2	0,019	SNI 6989.6 : 2009
5	P. 2806	Bara 70 ppm 1	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
6	P. 2807	Bara 70 ppm 2	0,033	SNI 6989.6 : 2009
7	P. 2808	Bara 120 ppm 1	0,056	SNI 6989.6 : 2009
8	P. 2809	Bara 120 ppm 2	0,033	SNI 6989.6 : 2009
9	P. 2810	Genie 0 ppm 1	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
10	P. 2811	Genie 0 ppm 2	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
11	P. 2812	Genie 30 ppm 1	0,0014	SNI 6989.6 : 2009
12	P. 2813	Genie 30 ppm 2	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
13	P. 2814	Genie 70 ppm 1	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
14	P. 2815	Genie 70 ppm 2	0,029	SNI 6989.6 : 2009
15	P. 2816	Genie 120 ppm 1	0,025	SNI 6989.6 : 2009
16	P. 2817	Genie 120 ppm 2	0,017	SNI 6989.6 : 2009
17	P. 2818	Sret 0 ppm 1	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
18	P. 2819	Sret 0 ppm 2	0,007	SNI 6989.6 : 2009
19	P. 2820	Citra 30 A	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
20	P. 2821	Citra 30 B	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
21	P. 2822	Citra 70 A	0,020	SNI 6989.6 : 2009
22	P. 2823	Citra 70 B	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
23	P. 2824	Citra 120 A	0,147	SNI 6989.6 : 2009
24	P. 2825	Citra 120 B	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
25	P. 2826	Semi 0 A	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
26	P. 2827	Semi 0 B	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009



**Kementerian
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA**

BADAN PENGKAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI
BARISTAND INDUSTRI SURABAYA

Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya 60244, Telp. (031) 8410054, (031) 7000034, Fax. (031) 8410480
<http://surabaya.bpkmi.kemperin.go.id/>



KAN
 Komite Akreditasi Nasional
 LABORATORIUM PENGUJIAN
 LP-213-IDN

No	No Analisa	Kode	Parameter Cu (mg/L)	Metode Uji
27	P. 2828	Natan2 0 A	< 0.0046	SNI 6989.6 : 2009
28	P. 2829	Natan2 0 B	< 0.0046	SNI 6989.6 : 2009
29	P. 2830	Citra 0 A	< 0.0046	SNI 6989.6 : 2009
30	P. 2831	Citra 0 B	< 0.0046	SNI 6989.6 : 2009

Catatan: Parameter uji sesuai dengan permintaan


 Surabaya, 16 Juni 2015
 Penyelia Teknik
 Laboratorium Lingkungan

 Archaningtyas Riza Ulini, ST
 NIP. 197808232005022001


**KEMENTERIAN
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA**

BADAN PENGKAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI
BARISTAND INDUSTRI SURABAYA


KAN
 Komite Akreditasi Nasional
 LABORATORIUM PENGUJIAN
 LP-213-IDN

Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya (60244), Telp. (031) 8410054, (031) 7000034, Fax: (031) 8410480
<http://surabaya.bpkmi.kemperin.go.id/>

LAPORAN PENGUJIAN
No. 1981/LHU/2/VI/2015

No. Analisa : P. 2642 s/d P. 2660
 Contoh : Ekstrak Mentimun
 Kode : -
 Diterima Tanggal : 01 Juni 2015
 Catatan Sampel : 100 ml air dalam wadah botol

Nama Pengirim : YUDI APRIYATMOKO
 Alamat : Keputh Gang Makam Sukolilo - SURABAYA

No	No Analisa	Kode	Parameter Cu (mg/L)	Metode Uji
1	P.2642	Natan 2 30 A	0,021	SNI 6989.6 : 2009
2	P.2643	Natan 2 30 B	0,018	SNI 6989.6 : 2009
3	P.2644	Natan 2 70 B	0,025	SNI 6989.6 : 2009
4	P.2645	Natan 2 70 A	0,029	SNI 6989.6 : 2009
5	P.2646	Natan 2 120 A	0,023	SNI 6989.6 : 2009
6	P.2647	Natan 2 120 C	0,099	SNI 6989.6 : 2009
7	P.2648	Semi 30 B	0,005	SNI 6989.6 : 2009
8	P.2649	Semi 30 A	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
9	P.2650	Semi 70 A	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
10	P.2651	Semi 70 C	0,014	SNI 6989.6 : 2009
11	P.2652	Semi 120 A	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
12	P.2653	Semi 120 C	0,022	SNI 6989.6 : 2009
13	P.2654	SRET 30 B	0,016	SNI 6989.6 : 2009
14	P.2655	SRET 120 B	0,029	SNI 6989.6 : 2009
15	P.2656	SRET 120 A	0,0029	SNI 6989.6 : 2009
16	P.2657	BARA 120 A	0,019	SNI 6989.6 : 2009
17	P.2658	SRET 30 A	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
18	P.2659	SRET 70 B	0,009	SNI 6989.6 : 2009
19	P.2660	SRET 7 A	0,016	SNI 6989.6 : 2009

Catatan: Parameter uji sesuai dengan permintaan

Surabaya, 11 Juni 2015
 Penyelia Teknik
 Laboratorium Lingkungan

 Arhaningtyas Riza Utami, ST
 NIP. 197808232005022001

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Nilna Rizqiyah Mubarakah dilahirkan pada tanggal 09 April 1993 di Gresik. Penulis memulai pendidikan di TK NU Muslimat kemudian melanjutkan ke SDNU Kanjeng Sepuh Sidayu. Setelah lulus tahun 2005, penulis melanjutkan ke MTs Kanjeng Sepuh Sidayu dan kemudian MA Kanjeng Sepuh Sidayu pada tahun 2008. Setelah menyelesaikan pendidikan menengah atas, penulis menempuh pendidikan Strata-1 di Jurusan Biologi FMIPA ITS Surabaya melalui jalur SNMPTN Undangan pada tahun 2011. Penulis mengambil bidang studi Botani khususnya pada Laboratorium Botani Biologi ITS Surabaya.

Selama kuliah, penulis aktif dalam kegiatan karya tulis ilmiah. Terdapat 5 karya tulis ilmiah yang telah penulis ikut sertakan pada kompetisi PKM tingkat Nasional dan dua diantaranya memperoleh dana dari DIKTI dalam bidang PKM-K dan PKM-P. Beberapa pelatihan yang pernah diikuti yaitu LKMM Pra-TD, Penulisan Karya Tulis Ilmiah dan *Training of Trainer PKM*. Penulis dapat dihubungi melalui email berikut : nilnarizqiyah@gmail.com

